12th CRCi2026

งานประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12
The 12th Conference on Research and Creative Innovations (CRCI 2026)

ระหว่างวันที่ 6 - 7 สิงหาคม 2569
ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

PROCEEDING

"...งานวิจัย สู่เป้าหมาย SDGs อย่างยั่งยืน"





CONFERNCE ON RESEARCH
& CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ
วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12

The 12th Conference on Research and Creative Innovations (CRCI 2026)

วันที่ 6 – 7 สิงหาคม 2569

ณ ห้องประชุมทองกวาว อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

และระบบออนไลน์

ชื่อหนังสือ

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12

(The 12th Conference on Research and Creative Innovations: CRCI 2026)

เจ้าของลิขสิทธิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เผยแพร่

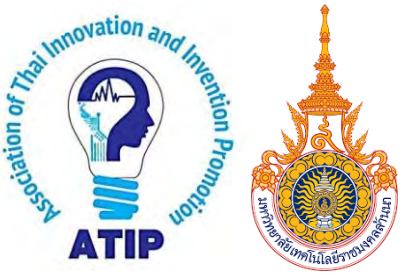
ตุลาคม 2569

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดำเนินงานโดย



มหาวิทยาลัยเครือข่าย













มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
NORTH-CHIANG MAI UNIVERSITY







เครือข่ายสมาคม

MIC - T

SME สมาพันธ์เอสเอ็มอีไทย

สมาคมสำนักงานสอบบัญชีไทย THAI CPA FIRMS ASSOCIATION

สมาคมนักบัญชีไทย THAI ACCOUNTANT ASSOCIATION

สมาคมการค้าธุรกิจสื่อสิ่งพิมพ์ภาคเหนือ THE NORTHERN PRINTING ASSOCIATION

หน่วยงานภายใน

RMUTL

RMUTL คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ATRI สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร Agricultural Technolog Research Institute

คำนำ

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ จัดทำขึ้นจากการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12 ประจำปี 2569 (The 12th Conference on Research and Creative Innovations: CRCI 2026) ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ร่วมกับ สมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย (ATIP) ตลอดจนสถาบันการศึกษาและภาคีเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ ได้ร่วมกันจัดขึ้นระหว่างวันที่ 6 – 7 สิงหาคม 2569 ในรูปแบบออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีระดับชาติในการเผยแพร่ผลงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม และผลงานสร้างสรรค์ พร้อมทั้งส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการอย่างยั่งยืน

เนื้อหาภายในเล่มได้รวบรวมบทความวิจัยและบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านกระบวนการพิจารณากลั่นกรองและประเมินคุณภาพทางวิชาการอย่างเข้มข้นจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในหลากหลายสาขาวิชา ครอบคลุมทั้งสาขาวิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี, สาขาวิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ, สาขาเทคโนโลยีเกษตรและอาหาร, สาขาบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์, สาขาศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์, งานวิจัยรับใช้สังคมและนวัตกรรมชุมชน, งานประจำสู่งานวิจัย (R2R), งานวิจัยด้านการศึกษา ตลอดจนผลงานประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม และผลงานสร้างสรรค์ ซึ่งทุกบทความสะท้อนถึงการนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหา พัฒนาชุมชน สังคม และขับเคลื่อนขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย สถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาคีเครือข่ายร่วมจัดทุกแห่ง ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเชิงวิชาการอันทรงคุณค่า ตลอดจนนักวิจัยและคณาจารย์ผู้ส่งผลงานเข้าร่วมนำเสนอทุกท่านที่มีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเล่มนี้ จะเป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการที่เป็นประโยชน์แก่นักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป ในการนำองค์ความรู้และนวัตกรรมไปต่อยอดเพื่อสร้างสรรค์ประโยชน์ต่อสังคมและเศรษฐกิจของชาติต่อไป

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



สารจากนายกสมาคมส่งเสริมนวัตกรรม และการประดิษฐ์ไทย

สมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย มีความยินดีและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พร้อมด้วยเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการและภาคีเครือข่ายในการขับเคลื่อนการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ (Conference on Research and Creative Innovations: CRCI) อย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ครั้งที่ 6 ประจำปี 2563 เป็นต้นมา จนถึงปัจจุบัน เพื่อมุ่งเน้นการสร้างเวทีระดับชาติในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เผยแพร่ผลงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรม ตลอดจนการเสริมสร้างความเข้มแข็งของเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการและการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริง

การจัดงานประชุมวิชาการในครั้งนี้ เกิดขึ้นจากพลังความร่วมมือของภาคีเครือข่ายพันธมิตรทั้งภาครัฐ ภาคการศึกษา และภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ สมาคมการค้าผู้ประกอบการผลิตเครื่องจักร ชิ้นส่วนโลหะและอุตสาหกรรมสนับสนุนไทย, สมาพันธ์เอสเอ็มอีไทย, สมาคมสำนักงานสอบบัญชีไทย, สมาคมนักบัญชีไทย, สมาคมการค้าธุรกิจสื่อสิ่งพิมพ์ภาคเหนือ ตลอดจนสถาบันอุดมศึกษาเครือข่าย อาทิ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยพายัพ, มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และมหาวิทยาลัยพิษณุโลก ซึ่งร่วมกันผลักดันและบูรณาการองค์ความรู้เพื่อพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจของประเทศให้เติบโตอย่างเข้มแข็งและยั่งยืน

ในนามของสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย ขอขอบคุณ สถาบันการศึกษา หน่วยงานเจ้าภาพร่วมทุกภาคส่วน วิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้นำเสนอผลงาน และคณะกรรมการดำเนินงานทุกท่าน ที่ได้ร่วมแรงร่วมใจขับเคลื่อนให้การจัดงานประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี สมาคมฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้และผลงานวิจัยในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อวงวิชาการ ชุมชน และการพัฒนาประเทศต่อไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทัศน์ บุรีภักดี)
นายกสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย

สารจากอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยได้ร่วมกับสมาคมส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมไทย ตลอดจนสถาบันการศึกษาและภาคีเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ จัดการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ ๑๒ ประจำปี ๒๕๖๙ (The 12th Conference on Research and Creative Innovations: CRCI 2026) ขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อขับเคลื่อนพันธกิจด้านการวิจัย นวัตกรรม และการบริการวิชาการสู่สังคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มุ่งมั่นสู่การเป็นมหาวิทยาลัยแห่งนวัตกรรมเพื่อชุมชนและสังคม โดยให้ความสำคัญกับการพัฒนางานวิจัยเชิงประยุกต์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ที่สามารถตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ การจัดประชุมวิชาการ CRCI 2026 ในครั้งนี้ จึงเป็นเวทีระดับชาติที่เปิดโอกาสให้นักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิจากหลากหลายสาขาวิชา ได้ร่วมแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ถ่ายทอดผลงาน และสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการที่เข้มแข็ง ซึ่งนำไปสู่การต่อยอดงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ เชิงนโยบาย และเชิงพื้นที่อย่างเป็นรูปธรรม

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ ได้รวบรวมผลงานวิชาการที่ผ่านกระบวนการกลั่นกรองและประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างเข้มข้น ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพและความมุ่งมั่นของนักวิจัยในการสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม ผมขอขอบคุณสมาคมส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมไทย หน่วยงานเจ้าภาพร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิ คณะกรรมการดำเนินงาน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ร่วมแรงร่วมใจขับเคลื่อนให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า องค์ความรู้และผลงานวิจัยที่ปรากฏในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่วงวิชาการ ชุมชน ภาคอุตสาหกรรม และเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้เติบโตอย่างมั่นคงและยั่งยืนสืบไป

(รองศาสตราจารย์ วิเชษฐ์ ทิพย์ประเสริฐ)
รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

หลักการและวัตถุประสงค์

ท่ามกลางบริบทการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางด้านเทคโนโลยี สภาพภูมิอากาศ และการแข่งขันทางเศรษฐกิจระดับโลก การขับเคลื่อนประเทศจำเป็นต้องอาศัยฐานความรู้ด้านการวิจัย นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์เป็นกลไกหลักในการพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ในฐานะสถาบันอุดมศึกษาชั้นนำด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ ตระหนักถึงความสำคัญของการยกระดับผลงานวิจัยจากห้องปฏิบัติการสู่การประยุกต์ใช้จริงในเชิงพาณิชย์ ชุมชน และสังคม จึงได้ร่วมมือกับสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย (ATIP) และภาคีเครือข่ายสถาบันการศึกษา จัดการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12 ประจำปี 2569 (The 12th Conference on Research and Creative Innovations: CRCI 2026) ขึ้น การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 3 ด้าน ได้แก่

1. การเป็นเวทีวิชาการระดับชาติ: เปิดโอกาสให้อาจารย์ นักวิจัย บุคลากรทางการศึกษา และนักศึกษา ได้เผยแพร่ผลงานวิจัย นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ และงานสร้างสรรค์ในหลากหลายสาขาวิชา ทั้งด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกษตรศาสตร์ บริหารธุรกิจ ศิลปกรรม และงานวิจัยจากงานประจำ (R2R) ซึ่งผ่านกระบวนการกลั่นกรองและประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิตามมาตรฐานสากล

2. การเสริมสร้างระบบนิเวศความร่วมมือ (Ecosystem Partnership): สร้างพื้นที่แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ประสบการณ์ และมุมมองเชิงวิชาการระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรม และชุมชนท้องถิ่น เพื่อกระตุ้นให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือข้ามศาสตร์และการบูรณาการงานวิจัยแบบเปิด (Open Innovation)

3. การถ่ายทอดองค์ความรู้สู่การพัฒนาที่ยั่งยืน: ผลักดันงานวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงประจักษ์ ตอบสนองต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) และการยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนท้องถิ่นอย่างเป็นรูปธรรม

การประชุมวิชาการ CRCI 2026 จึงไม่ได้เป็นเพียงเวทีการนำเสนอผลงานทางวิชาการ แต่เป็นกลไกเชิงยุทธศาสตร์ที่สะท้อนถึงเจตนารมณ์ในการเชื่อมโยงงานวิจัย นวัตกรรม และพลังเครือข่าย เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากและยกระดับศักยภาพการแข่งขันของประเทศอย่างยั่งยืน

รูปแบบการจัดประชุม

ประกอบด้วยกิจกรรม การบรรยายพิเศษ การเสวนาทางวิชาการ การนำเสนอผลงานทางวิชาการในรูปแบบออนไลน์ และการนำเสนอผลงานสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม และผลงานสร้างสรรค์ ในรูปแบบออนไซต์

สาขาที่เปิดรับบทความมีทั้ง 9 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 สาขาวิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี (ENG)

กลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ (SCI)

กลุ่มที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเกษตร และอาหาร (AGRI)

กลุ่มที่ 4 สาขาบริหารธุรกิจ และศิลปศาสตร์ (BA)

กลุ่มที่ 5 สาขาศิลปกรรม และสถาปัตยกรรมศาสตร์ (ART)

กลุ่มที่ 6 งานวิจัยรับใช้สังคม งานวิจัยนวัตกรรมชุมชน (SE)

กลุ่มที่ 7 งานประจำสู่งานวิจัย (R2R)

กลุ่มที่ 8 งานวิจัยด้านการศึกษา (EDU)

กลุ่มที่ 9 ประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์ (INO)

กำหนดการ การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12

The 12th Conference on Research and Creative Innovations (CRCI 2026)

ระหว่างวันที่ 6 – 7 สิงหาคม 2569 ผ่านระบบ Hybrid ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

วันที่ 6 สิงหาคม 2569 เวลา 08.00 – 16.30 น.		
เวลา	**กิจกรรม**	**สถานที่**
08.00 – 09.00 น.	ลงทะเบียน	จุดลงทะเบียน ชั้น 2 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา
09.00 - 09.30 น.	✠ **ชมวิดีทัศน์ ภาพรวมของการจัดงาน** The 12th Conference on Research and Creative Innovations (CRCI 2026) ✠ **การแสดงต้อนรับ** ✠ **พิธีเปิด** O **กล่าวต้อนรับ** **โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์** ผู้อำนวยการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา O **กล่าวรายงาน** **โดย ดร.กัญญณัช ศิริธัญญา** กรรมการบริหาร สมาคมส่งเสริมนวัตกรรม และการประดิษฐ์ไทย (ATIP) O **กล่าวเปิด** **โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย** กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ อุปนายกสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ✠ มอบของที่ระลึกให้กับหน่วยงานเครือข่าย ✠ ถ่ายภาพร่วมกัน	ห้องประชุมทองกวาว ชั้น 2 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา (ถ่ายทอดสด Facebook Live) https://www.facebook.com/rdirmutlcm (เฟสบุคแฟนเพจ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา)
09.30 – 10.00 น.	**ปาฐกถา เรื่อง “พลิกโฉมเครือข่ายมหาวิทยาลัยภาคเหนือตอนบนสู่การยกระดับขีดความสามารถของประเทศ”** โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ อุปนายกสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	
10.00 – 10.15 น.	**เยี่ยมชม บูธนิทรรศการ** โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ วงษ์พานิช	เวทีกลาง โถงชั้น 1 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา

วันที่ 6 สิงหาคม 2569 เวลา 08.00 – 16.30 น.		
เวลา	**กิจกรรม**	**สถานที่**
	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ วิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	(ถ่ายทอดสด Facebook Live)
10.15 – 10.30 น.	**พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม**	
10.30 – 12.00 น.	**เสวนาวิชาการ เรื่อง "Synergy for Impact: ผนึกกำลังธุรกิจนวัตกร และมหาวิทยาลัย ขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมไทย"** วิทยากรเสวนา ✠ ผู้แทนสมาคม ดร.กัญญณัช ศิริธัญญา กรรมการบริหารสมาคมส่งเสริมนวัตกรรม และการประดิษฐ์ไทย (ATIP) ✠ ผู้แทนเครือข่ายมหาวิทยาลัย ผศ.ศราวุธ พงษ์ลี้รัตน์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น ✠ ผู้แทนภาคสถานประกอบการ คุณสิริญา ปูเหล็ก บริษัท ไทรป์โกโก้คอฟ จำกัด คุณลี-อายุ จือปา ผู้ก่อตั้งแบรนด์ Akha Ama (อาข่าอาม่า) ผู้ดำเนินรายการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสูตร อาสนวิจิตร และนายสุริยนต์ สูงคำ	ห้องประชุมทองกวาว ชั้น 2 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา (ถ่ายทอดสด Facebook Live) https://www.facebook.com/rdirmutlcm (เฟสบุคแฟนเพจ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา)
12.00 – 13.00 น.	**พักรับประทานอาหารกลางวัน**	อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา
13.00 – 16.30 น.	**การบรรยาย AI for Accounting** โดย คุณภูษิตา นันตาโจง ผู้จัดการ บริษัท ริชมอนด์ กรุ๊ป 89 จำกัด	ห้องประชุมทองกวาว ชั้น 2 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา (ถ่ายทอดสด Facebook Live)
	การนำเสนอผลงานภาคบรรยาย ✠ กลุ่ม 1 สาขาวิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี (EN) ✠ กลุ่ม 2 สาขาวิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ (SCI) ✠ กลุ่ม 3 สาขาเทคโนโลยีการเกษตร และอาหาร (AGRI) ✠ กลุ่ม 4 สาขาบริหารธุรกิจ และศิลปศาสตร์ (BA) ✠ กลุ่ม 5 สาขาศิลปกรรม และสถาปัตยกรรมศาสตร์ (ART) ✠ กลุ่ม 6 งานวิจัยรับใช้สังคม งานวิจัยนวัตกรรมชุมชน (SE) ✠ กลุ่ม 7 งานประจำสู่งานวิจัย (R2R) ✠ กลุ่ม 8 งานวิจัยด้านการศึกษา (EDU)	ผ่านระบบออนไลน์ Zoom ลิงค์ Zoom https://rmutl.link/sUDv2 (สแกนเข้าห้องนำเสนอ) Meeting ID 917 4586 2490 Passcode 242656

วันที่ 6 สิงหาคม 2569 เวลา 08.00 – 16.30 น.		
เวลา	**กิจกรรม**	**สถานที่**
	✠ กลุ่ม 9 การประกวดผลงานสิ่งประดิษฐ์ และนำเสนอผลงานสิ่งประดิษฐ์ ครั้งที่ 11	โซนแสดงผลงาน โถงชั้น 1 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา

วันที่ 7 สิงหาคม 2569 เวลา 09.30 – 14.00 น.		
เวลา	**กิจกรรม**	**สถานที่**
09.30 – 10.30 น.	เสวนาโต๊ะกลม หัวข้อ “Connect The Dot : การยกระดับผลงานวิจัยด้าน Appropriate Technology สู่การใช้ประโยชน์” วิทยากรเสวนา ✠ ดร.รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา สถาบันวิจัยและพัฒนา มทร.ล้านนา ✠ อาจารย์ รัชนีวรรณ สันลาด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา ✠ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินานาฏ วิทยาประภากร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ผู้ดำเนินรายการ นายสุริยนต์ สูงคำ	เวทีกลาง โถงชั้น 1 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา
10.30 – 12.00 น.	ประกวดผลงาน RDI Award ครั้งที่ 1	โซนแสดงผลงาน โถงชั้น 1 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา
13.00 - 14.00 น.	การประชุมเครือข่ายสมาคม / สถาบันอุดมศึกษา	อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา ห้องประชุมแคฝรั่ง ชั้น 6 ห้องประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 3
14.00 – 15.30 น.	✠ พิธีปิด ✠ ประกาศผลรางวัล บทความดีเด่น 9 กลุ่มสาขา ✠ กล่าวปิดการประชุมวิชาการ โดย ดร.กัญญณัช ศิริธัญญา กรรมการบริหารสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย (ATIP)	เวทีกลาง โถงชั้น 1 อาคารเรียนรวม มทร.ล้านนา (ถ่ายทอดสด Facebook Live) https://www.facebook.com/rdirmutlcm (เฟสบุคแฟนเพจ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา)

หมายเหตุ กำหนดการอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ผศ.ดร.ธนกร	สิริสุคันธา	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.จำเนียร	มีสำลี	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.ฐานันดร์	โต๊ะถม	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
รศ.ดร.พันสรวง	อุดมพุทธิเมฆากุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
รศ.ดร.ศิวัช	ลาวัลย์วดีกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.วีระ	พันอินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
รศ.ดร.อนิรุจน์	มะโนธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.สุคนธ์ทิพย์	สุภาจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.สรวิศ	มูลอินต๊ะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.กิตติกร	สาสุจิตต์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.จักรพงษ์	กางโสภา	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.ชวโรจน์	ใจสิน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.ณภัทร	เรืองนภากุล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.อัครพงศ์	อั้นทอง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.คณิตพันธ์	บุญสมเชื้อ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.จิรพงษ์	จิตตะโคตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.ธัชชัย	เทพกรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ปนัดดา	จีนประชา	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่
ดร.ปราโมชย์	นามวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.ดร.พิมุกต์	สมชอบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์	นิ่มดำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.พลอยพัชชา	โค้วสุวรรณกิจ	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ดร.วารุณี	โพธาสินธุ์	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ผศ.ดร.วนัส	ศรีมหาราช	มหาวิทยาลัยพายัพ
ดร.ศุภากร	ศิลาเกษ	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ผศ.ดร.รติ	วงษ์สถาน	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่
ผศ.ดร.สายฝน	แสนใจพรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผศ.ดร.อโนชา	สุวรรณสาร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.ดร.สุทัศน์	กำมณี	มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
รศ.ดร.อลงกรณ์	เมืองไหว	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.อานนท์	นิยมผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.สุกัลย์	บรัศไพบูลย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.หริพล	ธรรมนารักษ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.เสนอ	สะอาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รศ.ดร.สิริโฉม	พิเชษฐบุญเกียรติ	ผู้ทรงคุณวุฒิ
รศ.ดร.ชิติ	ศรีตนทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.ฐิติพร	พันธุ์ท่าช้าง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.ตระกูลพันธ์	พัชรเมธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.ทนงศักดิ์	สัสดีแพง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.บัญจรัตน์	โจลานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.พินิจ	เนื่องภิรมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.ไภสัชชา	อินพูลใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.รณชาติ	มั่นศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.วัชรินทร์	สิทธิเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.วาณิช	หลิมวานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.สุนทร	วิทยาคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.อรไท	ครุฑเวโช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.อัจฉรา	ดลวิทยาคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ภาคภูมิ	ภัควิภาส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ลิปิกร	มาแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.อดิศร	กวาวสิบสาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ไกรลาศ	ดอนชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.จิตรา	ปั้นรูป	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ชาญชัย	เดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ชินานาฏ	วิทยาประภากร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ถาวร	อินทโร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผศ.ดร.ธัญลักษณ์	บัวผัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ธัญวดี	สุจริตธรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.นคร	สุริยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.นงนุช	เกตุ้ย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.นพวรรณ	เดชบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.นิลวรรณ	ไชยทนุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.บรรเจิด	แสงจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ปราโมทย์	ทิมขำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ไพรพันธ์	ธนเลิศโศภิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ภาคภูมิ	จารุภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.มณีกาญจน์	ไชยนนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ยุรธร	จีนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.รดา	สมเขื่อน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.รัฐพล	จินะวงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ลัดดา	ปินตา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.วรวิทย์	เลาหะเมทนี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.วรวลัญช์	ฉิมพะเนาว์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.วนิดา	สุริยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.วิทยา	พรหมพฤกษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ศิรดา	ปินใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.สมนึก	สุระธง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ว่าที่ ร.ต.ดร.สิทธิบูรณ์	ศิริพรอัครชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.สุภรพรรณ	คนเฉียบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.สุวรรณ	จันทร์อินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.สามารถ	ยะเชียงคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.อดิเรก	ชัยนวกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.อดิศร	โอดศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.อนนท์	นำอิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.อังกูร	ว่องตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผศ.กฤษดา	ยิ่งขยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.กิตติกุล	ศิริเมืองมูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.เกิดศิริ	ชมภูกาวิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.เฉลิมพงค์	ทำงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.เชษฐ	อุทธิยัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.เดชาธร	พจนพงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.บรรจง	อูปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.เพราพิลาส	ประสิทธิ์บุรีรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.รุ่ง	หมูล้อม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.วิทยา	พลวิฑูรย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.วีรินท์	พีระธำรงรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ศิรินภา	ใจเมือง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.สวัสดิ์	หากิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.อัจฉริน	จิตต์ปรารพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.กนกวรรณ	คชสีห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.แคทรียา	ปันทะนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ชวรินทร์	คำมาเขียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ชูเกียรติ	ศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ตะวัน	วาทกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ปัทม์	ปราณอมรกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.พยุงศักดิ์	มะโนชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.พรศิลป์	แก่นท้าว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.พีรยา	สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.เผชิญวาส	ศรีชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.มาโนช	คุ้มพนาลัยสถิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ริญญาภัทร์	เขจรนันทน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ลมัย	ผัสดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ศกุนตลา	สายใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ศศิพัชร์	อริยะกูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.อรทัย แก้วทิพย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
นายวัชรวุธ พุทธิรินโน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



คำสั่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ที่ ๑๒๗๕ / ๒๕๖๙

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน

การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ ๑๒ ประจำปี ๒๕๖๙

The 12th Conference on Research and Creative Innovations (12th CRCI 2026)

ตามที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ในฐานะฝ่ายเลขานุการการจัดงานประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ โดยมีสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมและการประดิษฐ์ไทย เป็นสมาคมหลักในการจัดการประชุม โดยร่วมกับเครือข่าย สมาคมการค้าผู้ประกอบการผลิตเครื่องจักรชิ้นส่วนโลหะและอุตสาหกรรมสนับสนุนไทย สมาพันธ์เอสเอ็มอีไทย สมาคมสำนักงานสอบบัญชีไทย สมาคมนักบัญชีไทย สมาคมการค้าธุรกิจสื่อสิ่งพิมพ์ภาคเหนือ สมาคมธุรกิจท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ และเครือข่ายมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น มหาวิทยาลัยพายัพ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในการจัดการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ (CRCI) ซึ่งจัดมาแล้ว ๑๑ ครั้ง จึงกำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ ๑๒ ประจำปี ๒๕๖๙ The 12th Conference on Research and Creative Innovations (12th CRCI 2026) ในวันที่ ๖ - ๗ สิงหาคม ๒๕๖๙ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่

เพื่อให้การดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อย อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๔ และมาตรา ๒๗ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ.๒๕๔๘ และคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ ๙๒๗/๒๕๖๙ เรื่อง แต่งตั้งรักษาราชการแทนอธิการบดี ลงวันที่ ๑๓ พฤษภาคม ๒๕๖๙ จึงขอแต่งตั้งคณะกรรมการ ตามรายชื่อดังต่อไปนี้

คณะกรรมการอำนวยการ

ประกอบด้วย

๑. รองศาสตราจารย์วิเชษฐ์ ทิพย์ประเสริฐ	ประธานกรรมการ
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์	รองประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ วงษ์พานิช	กรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิรประภา ชัยเนตร	กรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพันธุ์ รอดทรัพย์	กรรมการ
๖. นายอัคค์สัจจา ดวงสุภาสิญจ์	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพราพิลาส ประสิทธิ์บุรีรักษ์	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์ฐิติพร พันธุ์ท่าช้าง	กรรมการ

๙. นางสาวปวียา รักนิ่ม กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทนงศักดิ์ ยาทะเล กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ มงคลเทพ กรรมการ
๑๒. นายบุญฤทธิ์ สโมสร กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อังกูร ว่องตระกูล กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพโรจน์ ไชยเมืองชื่น กรรมการ
๑๕. นายนที สัมปุรณะพันธ์ กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพพร พัชรประกิติ กรรมการ
๑๗. รองศาสตราจารย์กัญฐณา ดิษฐ์แก้ว กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยมาสฐ์ ตัณฑ์เจริญรัตน์ กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพดล มณีเทียร กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรภพ ใหม่เสน กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ ชิดบุรี กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรจักร์ เมืองใจ กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนันท์ ทับเกิด กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระศักดิ์ สมศักดิ์ กรรมการและเลขานุการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสูตร อาสนวิจิตร กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖. นายรัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางศศิพัชร์ สันกลกิจ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๘. ว่าที่ร้อยตรีรัชต์พงษ์ หอชัยรัตน์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

กำหนดนโยบาย วางแผนการดำเนินงาน ควบคุมดูแลความเรียบร้อยของการจัดงาน ประสานงาน ติดตาม ประเมินผล ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาอุปสรรค ในการดำเนินงาน ตลอดโครงการ

คณะกรรมการฝ่ายดำเนินงาน

ประกอบด้วย

๑. นางศศิพัชร์ สันกลกิจ ประธานกรรมการ
๒. นางณัฐธินี สาลี รองประธานกรรมการ
๓. นางสาวสุคนธ์ วงศ์หาญ กรรมการ
๔. นางพลอยภิญญา สุภาพรเหมินทร์ กรรมการ
๕. นางเสาวลักษณ์ วชิรนคร กรรมการ
๖. นางกุลินา ศักดิ์ศิริศรีฟ้า กรรมการ
๗. นางมาลี จินดาแก้ว กรรมการและเลขานุการ
๘. นายอมรทัติ ขันแก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. จัดทำหนังสือเชิญวิทยากรบรรยายพิเศษ และวิทยากรเสวนาวิชาการ

๒. จัดทำหนังสือเชิญเข้าร่วมพิธีเปิดการประชุมวิชาการ

๓. จัดหาของที่ระลึกสำหรับแขกผู้มีเกียรติ เครือข่าย วิทยากร ฯลฯ

๔. จัดทำเอกสารและลงทะเบียนสำหรับผู้เข้าร่วมเสวนาวิชาการ และเครือข่าย

๕. ประสานงานจัดเตรียมเอกสารการเบิกจ่ายค่าตอบแทนวิทยากร ร่วมกับสมาคม

๖. ประสานงานการเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร่วมกับสมาคม

๗. ประสานจัดทำแบบฟอร์มชำระเงิน ร่วมกับสมาคม

๘. ประสานงานตรวจสอบสถานะการชำระเงินค่าลงทะเบียน ร่วมกับสมาคม

๙. อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษากับคณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ ของงาน เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์

ประกอบด้วย

๑. นายวิทยา กวีวิทยาภรณ์	ประธานกรรมการ
๒. นางสาวแววดาว ญาณะ	รองประธานกรรมการ
๓. นางสาวเยาวัลย์ จันทร์ต๊ะมูล	กรรมการ
๔. นายธนพล มูลประการ	กรรมการ
๕. นางสาวธริษตรี ธนรัตนพิมลกุล	กรรมการ
๖. นายเจษฎา สุภาพรเหมินทร์	กรรมการ
๗. นางสาวสุธาสินี ผู้อยู่สุข	กรรมการ
๘. นางสาวสิริญญา ณ นคร	กรรมการ
๙. นางสาวธนวรรณ เครือแก้ว	กรรมการ
๑๐. นายศิริชัย แซ่ท้าว	กรรมการ
๑๑. นายสุริยนต์ สูงคำ	กรรมการ
๑๒. นางสาวอภิญญา พูลทรัพย์	กรรมการและเลขานุการ
๑๓. นางสาวอาพัชรี ศิรินาโพธิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๔. นางสาวณิชกมล โพธิ์แก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ประชาสัมพันธ์การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์แก่หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอก ผ่านช่องทางการประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

๒. นำเสนอข่าวประชาสัมพันธ์การประชุม

๓. ออกแบบไฟล์กราฟิกสื่อประชาสัมพันธ์ เช่น แบนเนอร์ประชาสัมพันธ์ โปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ ไวนิลประชาสัมพันธ์ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๔. บันทึกภาพการจัดงานตลอดการประชุม

๕. ประสานงานสื่อมวลชนเพื่อทำข่าวการจัดประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

๖. ออกแบบและจัดทำรูปเล่มรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๙ (Proceeding)

๗. ออกแบบและจัดทำรูปเล่มวารสารสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมผลงานสร้างสรรค์ ประจำปี ๒๕๖๙

๘. ออกแบบและจัดทำรูปเล่มสูจิบัตรการประชุมวิชาการ

๙. ออกแบบและจัดทำใบประกาศนียบัตร

๑๐. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

คณะกรรมการฝ่ายวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรภพ ใหม่เสน	ประธานกรรมการ
๒. นายประเสริฐ เทพภาพ	รองประธานกรรมการ
๓. นายณัฏฐ์พัฒน์ คนมีฉลาด	กรรมการ
๔. นายเฉลิมฤทธิ์ เครืออินทร์	กรรมการ
๕. นายเวธน์วิวัฒน์ เชื้อไทย	กรรมการ
๖. นายชัชวาลย์ ศะศิวนิชย์	กรรมการ
๗. นายพิษณุ พรมพราย	กรรมการ
๘. นายจักรินทร์ ชื่นสมบัติ	กรรมการ
๙. นายธณพงค์ ชัญญาชัย	กรรมการ
๑๐. นายอนุสรณ์ วงค์แปง	กรรมการ
๑๑.นายวุฒิชัย มณีกุล	กรรมการ
๑๒. นายจรัสพงษ์ หีบทอง	กรรมการ
๑๓. นางสาวเฌอญานิกา วงค์ตาแก้ว	กรรมการและเลขานุการ
๑๔. นางสาวกฤษฎาภรณ์ ทาแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ดำเนินการถ่ายทอดสัญญาณภาพวิดีโอผ่านช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ของมหาวิทยาลัยฯ ช่วงพิธีเปิดการบรรยายพิเศษ การเสวนาทางวิชาการ การมอบรางวัล และพิธีปิด

๒. จัดเตรียมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เพื่อปฏิบัติงานในห้องนำเสนอ

๓. จัดหาอินเทอร์เน็ต เพื่อรองรับการปฏิบัติงานถ่ายทอดสัญญาณภาพวิดีโอ

๔. ตรวจสอบความปลอดภัยของระบบสารสนเทศ

๕. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

คณะกรรมการฝ่ายพิธีการ การบรรยายพิเศษ และเสวนาวิชาการ

ประกอบด้วย

๑. นางศศิพัชร์ สันกลกิจ	ประธานกรรมการ
๒. นางลมัย ผัสดี	รองประธานกรรมการ
๓. นายอนาวิน สุวรรณะ	กรรมการ
๔. นางสาวจิรัฐติกาล มานะจรรยาพงศ์	กรรมการ
๕. นายคทาชา ศรีฟ้าเลื่อน	กรรมการ

๖. นายศิวะวงศ์ ตติยะวณิชกิจ กรรมการ
๗. นางสาวอรญาพัชร์ ใจขาว กรรมการ
๘. นายพุฒิพงค์ ประวงค์ทรัพย์ กรรมการ
๙. นางสาวสุวิมล แสงหงส์ กรรมการ
๑๐. นางศิวนันท์ กุณะ กรรมการ
๑๑. นางสาวสาวิณี ทิพย์ปัญญา กรรมการ
๑๒. นายรณชัย กมลทิพย์วงศ์ กรรมการ
๑๓. นางสาวกชพร วงษ์ทอง กรรมการ
๑๔. นางสาวธัญชนก แก้วมีบุญ กรรมการ
๑๕. นางสาวศิวนันท์ ปัญญา กรรมการ
๑๖. นายจิรวัฒน์ แก้วรากมุข กรรมการ
๑๗. นายออมทรัพย์ อินกองงาม กรรมการ
๑๘. นางสาวสุคนธ์ วงศ์หาญ กรรมการและเลขานุการ
๑๙. นายอมรทัติ ขันแก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ดำเนินการในช่วงพิธีเปิด และพิธีปิด การมอบรางวัล
๒. จัดหาผู้ดำเนินรายการ พิธีกร ในช่วงพิธีเปิด มอบของที่ระลึก และพิธีปิด
๓. อำนวยความสะดวกให้กับวิทยากรบรรยายพิเศษ และวิทยากรเสวนาวิชาการ ในการรับส่งวิทยากร
๔. จัดหาผู้ดำเนินรายการ พิธีการ ในช่วงการเสวนาวิชาการ
๕. ติดต่อประสานงาน ผู้บริหาร ภาคีเครือข่าย วิทยากรรับเชิญ และแขกผู้มีเกียรติเพื่อเข้าร่วมงานประชุมวิชาการฯ
๖. ให้การต้อนรับ ติดดอกไม้ประดับสำหรับแขกผู้มีเกียรติ และเชิญเข้าที่นั่ง
๗. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

ประกอบด้วย

๑. นายรัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา ประธานกรรมการ
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ นันทกุศล รองประธานกรรมการ
๓. นายอดิศักดิ์ ฝนห่าแก้ว กรรมการ
๔. นายครรชิต เงินคำคง กรรมการ
๕. นายนริศ กำแพงแก้ว กรรมการ
๖. นายสุริยนต์ สูงคำ กรรมการ
๗. นางสาวลี วิละคำ กรรมการ
๘. นางสาวรัตนาภรณ์ สารภี กรรมการ
๙. นายพิศาล หล้าใจ กรรมการ

๑๐. นายดอน วิละคำ กรรมการและเลขานุการ

๑๑. นางสาวสรรค์ศิริกุล พยอมแย้ม กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. วางแผนการดำเนินงาน ประสานงาน ติดตาม ประเมินผล ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาอุปสรรค ของฝ่ายวิชาการในการดำเนินงานตลอดโครงการ

๒. จัดทำระบบบริหารจัดการบทความของงานประชุมวิชาการ เพื่อรับและประเมินบทความออนไลน์ (Online submission) ระบบประเมินบทความ (Peer Review) ประเมินผลงานเข้าร่วมการประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมผลงานสร้างสรรค์

๓. รวบรวมไฟล์ต้นฉบับตีพิมพ์ ประสานงานกับฝ่ายออกแบบกราฟิกตรวจพิสูจน์อักษร ตรวจสอบไวยกรณ์ภาษาไทย ของบทความกลุ่มสาขาย่อย เพื่อจัดทำรูปเล่มรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๙ และวารสารวิจัยสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม และผลงานสร้างสรรค์ ฉบับที่ ๑๒

๔. จัดเตรียมแบบฟอร์มการประเมินการนำเสนอ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ

๕. จัดตารางการนำเสนอ และอยู่ประจำห้องนำเสนอแบบออนไลน์ เพื่อควบคุมการนำเสนอ ภาคบรรยาย และรวบรวมคะแนน

๖. จัดเตรียมใบประกาศนียบัตรสำหรับผู้นำเสนอ (เตรียมข้อมูล ส่งมอบให้ฝ่ายประชาสัมพันธ์เพื่อออกแบบและจัดทำ)

๗. จัดเตรียมเอกสารการเบิกจ่ายค่าตอบแทนและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๘. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ สาขาวิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี

ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาทิตย์ ยาวุฑฒิ ประธานกรรมการ

๒. ผู้ช่วยศาสตารจารย์นิลวรรณ ไชยทนุ รองประธานกรรมการ

๓. นายโชคมงคล นาดี กรรมการ

๔. นายจักรรินทร์ ถิ่นนคร กรรมการ

๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษดา ยิ่งขยัน กรรมการ

๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรนันท์ ยิ่งขยัน กรรมการ

๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชษฐ อุทธิยัง กรรมการ

๘. นายเอกรัฐ จันทร์ประเสริฐ กรรมการ

๙. นายพรพจน์ นุเสน กรรมการ

๑๐. นางสาวจิราภรณ์ กันทะใจ กรรมการ

๑๑. นางสาวอุไรวรรณ สายยะนันท์ กรรมการและเลขานุการ

๑๒. นางสาวจุฑาทิพย์ สุวรรณ์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๓. **คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ**

ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยมาสฐ์ ตัณฑ์เจริญรัตน์	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีทนงศักดิ์ สัสดีแพง	รองประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์วาณิช หลิมวานิช	กรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ไภสัชชา อินพูลใจ	กรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรพัฒน์พงษ์ เสนาบุตร	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชินานาฏ วิทยาประภากร	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงนุช เกตุ้ย	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิรดา ปินใจ	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณฤทธิ์ ฝั้นสืบ	กรรมการ
๑๐. นางสาวศกุนตลา สายใจ	กรรมการ
๑๑. นางสาวปวีณ์สุดา บุษยธานินทร์	กรรมการและเลขานุการ
๑๒. นางสาวภาวิณี คำม่วง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ สาขาเทคโนโลยีเกษตร และอาหาร

ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยมาสฐ์ ตัณฑ์เจริญรัตน์	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีทนงศักดิ์ สัสดีแพง	รองประธานกรรมการ
๓. รองศาสตราจารย์อัจฉรา ดลวิทยาคุณ	กรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์สุนทร วิทยาคุณ	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ชิติ ศรีตนทิพย์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์รุ่งนภา ช่างเจรจา	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ ชิดบุรี	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชนี บัวระภา	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกชัย ดวงใจ	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาวลีย์ ใจสุข	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิอร โฉมศรี	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรณพ ทัศนอุดม	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรทัย บุญทะวงค์	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญลักษณ์ บัวผัน	กรรมการ
๑๖. นางสาวปวีณ์สุดา บุษยธานินทร์	กรรมการและเลขานุการ
๑๗. นายนคร คำกิติ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ สาขาบริหารธุรกิจ และศิลปศาสตร์

ประกอบด้วย

๑. นายตะวัน วาทกิจ	ประธานกรรมการ
๒. นายภาคภูมิ ภัควิภาส	รองประธานกรรมกา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภานุพันธ์ ลาภรัตนทอง	รองประธานกรรมการ
๔. นายทศพร ไชยประคอง	รองประธานกรรมการ
๕. นายณัฐวุฒิ อุ้ยเมฆากุล	รองประธานกรรมการ
๖. นางสาวสุริยาพร สุต๋าคำ	กรรมการ
๗. นายศิวะวงศ์ ตติยะวณิชกิจ	กรรมการ
๘. นางสาววิชญาดา มงคล	กรรมการ
๙. นางสาวอรญาพัชร์ ใจขาว	กรรมการ
๑๐. นางสาวอรุณรัตน์ โยนะกาศ	กรรมการ
๑๑. นายณัฐพงศ์ นิลคำ	กรรมการ
๑๒. นางสาวสรัญญา อุทร	กรรมการ
๑๓. นางสาวจุฑามาศ สุวิมลเจริญ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ สาขาศิลปกรรม และสถาปัตยกรรมศาสตร์

ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพโรจน์ วรพจน์พรชัย	ประธานกรรมการ
๒. นางสาวอจิรภาส์ ประดิษฐ์	รองประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณีกาญจน์ ไชยนนท์	กรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ญาณิศา โกมลสิริโชค	กรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไกรสร วิชัยกุล	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิรินภา วรรณเลิศ	กรรมการ
๗. นางสาวสุภาวรรณ ปันดิ	กรรมการ
๘. นายธนิตพงศ์ พุทธวงศ์	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ตยานิตย์ มิตร์แปง	กรรมการและเลขานุการ
๑๐. นางสาวกฤติยา วัฒนกีบุตร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๑. นายจิรพล ชูโชติ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ งานวิจัยรับใช้สังคม งานวิจัยนวัตกรรมชุมชน

ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญวดี สุจริตธรรม	ประธานกรรมการ
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ นันทกุศล	รองประธานกรรมการ
๓. ว่าที่ร้อยตรีเกรียงไกร ศรีประเสริฐ	กรรมการ
๔. นางสาวหนึ่งฤทัย แสงใส	กรรมการและเลขานุการ

๕. นางสาวเสาวลักษณ์ จันทร์พรหม กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ งานประจำสู่งานวิจัย

ประกอบด้วย

๑. นางสาวฉัตวณัฐ มโนพฤกษ์ ประธานกรรมการ

๒. นางประภา สนั่นก้อง รองประธานกรรมการ

๓. นางสาวรัตนา ไชยคต กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ งานวิจัยด้านการศึกษา

ประกอบด้วย

๑. รองศาสตราจารย์มาลัยพร วงค์แก้ว ประธานกรรมการ

๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรรยวรรธน์ ตัณฑ์เจริญรัตน์ วุฒิจำนงค์ รองประธานกรรมการ

๓. รองศาสตราจารย์สุบงกช โตไพบูลย์ กรรมการ

๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรีวรรณ ราชสม กรรมการ

๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญวรัตน์ พันธ์ภัทรชัย กรรมการ

๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์โบว์ ถิ่นโพธิ์วงศ์ กรรมการ

๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรินทร์ อินประมูล กรรมการ

๘. นางณัฐธินี สาลี กรรมการ

๙. นายถิร ธาดาพรรษวุฒิ กรรมการ

๑๐. นางสาวพิกุลทอง ไชยมงคล กรรมการ

๑๑. นางสาวพัชรี ไชยยงค์ กรรมการและเลขานุการ

๑๒. นางสาววราภรณ์ ต้นใส กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๓. นางสาวศศิรดี พานชาตรี กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ ประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์

ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสูตร อาสนวิจิตร ประธานกรรมการ

๒. นายครรชิต เงินคำคง รองประธานกรรมการ

๓. นายพิศาล หล้าใจ กรรมการและเลขานุการ

๔. นางสาวณิชกมล โพธิ์แก้ว กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

ด้านการประเมินบทความ

๑. จัดหา ติดต่อ ประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความและนำส่งรายชื่อให้กับฝ่ายอำนวยการ

๒. จัดหา ติดต่อ ประสานงานคณะกรรมการประจำกลุ่มนำเสนอผลงานออนไลน์ ในวันงาน

๓. รวบรวมและสรุปจำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วม

๔. ดำเนินการกระบวนการพิจารณาบทความผ่านระบบออนไลน์ (ตรวจสอบความถูกต้อง ติดต่อประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน ติดต่อผู้เขียนให้ดำเนินการแก้ไข ติดตามไฟล์บทความฉบับแก้ไข และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง)

๕. สรุปจำนวนบทความและผลงานที่ผ่านการประเมินให้เข้าร่วมนำเสนอและผู้นำเสนอในการประชุมวิชาการของแต่ละกลุ่มสาขา (ภาคบรรยาย ภาคโปสเตอร์ และภาคการประกวดผลงานและสิ่งประดิษฐ์)

ด้านการนำเสนอภาคบรรยาย

๑. จัดตารางนำเสนอ ติดต่อ ประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องนำเสนอ (ภาคบรรยาย)

๒. จัดหาเจ้าหน้าที่ประจำห้องนำเสนอ

๓. สรุปคะแนนการประเมินการนำเสนอผลงาน (ภาคบรรยาย) เพื่อเตรียมมอบรางวัล

ด้านประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์

๑. จัดตารางนำเสนอ ติดต่อ ประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องนำเสนอและการประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์ (ภาคบรรยาย)

๒. จัดหาเจ้าหน้าที่ประจำห้องนำเสนอและการประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์

๓. สรุปคะแนนการประเมินการนำเสนอผลงานออนไลน์และการประกวดสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์ (ภาคบรรยาย)

คณะกรรมการฝ่ายวารสาร

ประกอบด้วย

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ วิจัยและบริการวิชาการ	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์พานิช อินต๊ะ	รองประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีทนงศักดิ์ สัสดีแพง	กรรมการ
๔. นางสาวศกุนตลา สายใจ	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์กัญฐณา ดิษฐ์แก้ว	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษดา ยิ่งขยัน	กรรมการ
๗. นายโชคมงคล นาดี	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธัญวดี สุจริตธรรม	กรรมการ
๙. นางศศิพัชร์ สันกลกิจ	กรรมการและเลขานุการ
๑๐. นางสาวลี วิละคำ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ติดต่อ ประสานงาน บรรณาธิการวารสาร ที่รับตีพิมพ์บทความจากการประชุมวิชาการ

๒. คัดกรอง บทความ ส่งให้บรรณาธิการวารสาร ติดตาม

๓. จัดทำหนังสือแจ้งผลการประเมินจากวารสารให้เจ้าของบทความ

๔. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

คณะกรรมการฝ่ายนิทรรศการ สถานที่ อาหารและเครื่องดื่ม

ประกอบด้วย

๑. นางณัฐธินี สาลี	ประธานกรรมการ
๒. นางสาวภาสินี ศิริประภา	รองประธานกรรมการ
๓. นางสาวพิมลพรรณ เลิศบัวบาน	กรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์โบว์ ถิ่นโพธิ์วงค์	กรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรินทร์ อินประมูล	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เนติ พิเคราะห์	กรรมการ
๗. ดร.อนันตญา วรรณโพธิมุกข์	กรรมการ
๘. นางสาวพิกุลทอง ไชยมงคล	กรรมการ
๙. นางสาวศิวพร ดวงแก้ว	กรรมการ
๑๐. นางสาวน้ำฝน อุ่นฤทธิ์	กรรมการ
๑๑. นางสาวณัฐกมล จันทรเอ้ย	กรรมการ
๑๒. นายวีระพันธ์ บัวเขียว	กรรมการ
๑๓. นางพลอยภิญญา สุภาพรเหมินทร์	กรรมการและเลขานุการ
๑๔. นางสวลี วิละคำ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ประสานงานนิทรรศการ

๒. จัดเตรียมสถานที่ ห้องพิธีเปิด พิธีปิด ห้องเสวนาวิชาการ และห้องสำหรับเตรียมการนำเสนอผลงานออนไลน์

๓. จัดหาอุปกรณ์ ภายในห้องประชุมและอำนวยความสะดวก

๔. จัดเตรียมอาหาร อาหารว่าง และเครื่องดื่ม

๕. จัดเตรียมสถานที่สำหรับรับประทานอาหารและอาหารว่าง

๖. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

คณะกรรมการฝ่ายยานพาหนะ

ประกอบด้วย

๑. นางขวัญเรือน มีมานัส	ประธานกรรมการ
๒. นางสาวภัทรวรรณ จันตะมะ	กรรมการ
๓. พนักงานขับรถ	กรรมการ
๔. นายอนนท์ กาตะโล	กรรมการและเลขานุการ
๕. นางสาวอัญมณี สุวรรณ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

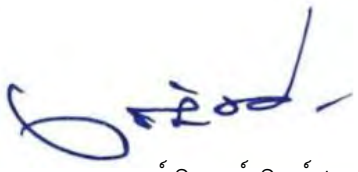
๑. จัดเตรียมรถรับส่งวิทยากร

๒. จัดหาเจ้าหน้าที่เพื่อรับส่งวิทยากร

๓. ประสานงานกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๒๖ มิถุนายน ๒๕๖๙

สั่ง ณ วันที่ ๒๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๙



(รองศาสตราจารย์ วิเชษฐ์ ทิพย์ประเสริฐ)

รักษาราชการเทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารบัญ

งานวิจัย กลุ่มที่ 1 สาขาวิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
19-ENG	การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับบ้านดินอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	1
22-ENG	การประเมินสมรรถนะและศักยภาพของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า	11
23-ENG	การออกแบบและพัฒนาเครื่องกำเนิดเสียงจากแผ่นวัสดุพอลิเมอร์โดยอาศัยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า	21
30-ENG	การพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน	31
31-ENG	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่	47
32-ENG	การพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่	63
42-ENG	การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้าสำหรับการประเมินสมรรถนะและความถูกต้องของมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุน	79
43-ENG	การพยากรณ์ความต้องการไอน้ำโดยใช้แบบจำลอง XGBoost	91
50-ENG	กระบวนการแปรสภาพเศษอาหารเป็นวัสดุปรับปรุงดินด้วยกระบวนการเชิงกลความร้อน	103
52-ENG	ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน กรณีศึกษา: โรงงานในเชียงใหม่	115
57-ENG	การหาค่าการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ด้วยเทคนิคการใช้สารพ่นทนความร้อน	127
70-ENG	การออกแบบและสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยระบบแก๊สแอลพีจี	140
76-ENG	การออกแบบและประเมินสมรรถนะเครื่องตัดเศษใบตองตึงแบบสายพานป้อน	152

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
80-ENG	การประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด	168
82-ENG	เครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน	181
84-ENG	ระบบควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติแบบไร้สายโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW	191
88-ENG	การวางแผนความต้องการพัสดุในการจัดการสินค้าคงคลังผลิตภัณฑ์สายไฟของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์	201
93-ENG	การศึกษาและเปรียบเทียบพารามิเตอร์อุตุนิยมวิทยาจุลภาคภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สองหน้าและแผงเซลล์แสงอาทิตย์สีฟ้าสำหรับระบบเกษตรกรรมร่วมเซลล์แสงอาทิตย์	212
94-ENG	การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งด้วยการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์	223
96-ENG	การออกแบบและวางผังโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์อย่างเป็นระบบ	239
101-ENG	การจำลองการอพยพหนีไฟโดยใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น	255
107-ENG	การเพิ่มกำลังการผลิตกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชน โดยใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน	270
109-ENG	การพัฒนาระบบการตรวจติดตามระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติสำหรับสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ	289
117-ENG	กรอบการทำงานสำหรับระบบสร้างแผงควบคุมผู้ดูแลระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์จากโครงสร้างฐานข้อมูล โดยใช้เวิร์กโฟลว์และกฎการควบคุม	300
120-ENG	การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงานรูปทรงไม่สมมาตร	315

งานวิจัย กลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์ กายภาพ สุขภาพ และชีวภาพ

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
3-SCI	Shallow Shear-Wave Velocity Structure beneath CHTO Station in Chiang Mai Using Receiver Function Analysis: Implications from the 2025 Myanmar Earthquake	327
9-SCI	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก	340
15-SCI	ผลของชนิดและปริมาณสารก่อฟองต่อสมบัติเชิงกลของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติม	354
17-SCI	ระบบตรวจสอบการใช้งานโทรศัพท์มือถือแบบเวลาจริงและการประมาณท่าทางของมนุษย์	1261
18-SCI	อุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้	365
47-SCI	การประเมินเบื้องต้นคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ด้วยดัชนี NDVI และ EVI	379
129-SCI	Enhancing Safe Agricultural Product Quality of the Chiang Rai Un-Ai-Rak Community Enterprise through Pesticide Residue Analysis Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry	391
139-SCI	การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกทวิภาคสำหรับการทำนายความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	401

งานวิจัย กลุ่มที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเกษตร และอาหาร

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
25-AGRI	ผลของการเตรียมมะม่วงและอัตราส่วนมะม่วงต่อน้ำต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงหมักและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่นจากมะม่วง	416
26-AGRI	การยกระดับคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของสาโทโดยใช้ลำไยร่วมในกระบวนการหมัก	427
44-AGRI	การพัฒนาสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สำหรับการป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน	443
53-AGRI	ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเกิดรากและการเจริญเติบโตของหางไหล (Derris elliptica (Wall.) Benth.)	455
81-AGRI	ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของแตงโมในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์	466
85-AGRI	Design and Development of Cashew Nut Grading Machine for Traditional Roasted Cashew Nut Production Process	479
90-AGRI	ผลของกรดอินโดล-3-อะซิติก (Indole-3-Acetic Acid; IAA) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงที่ไม่สะสมกำมะถันผสมในวัสดุเพาะต่อการงอกของเมล็ดพริกกะเหรี่ยง	490
91-AGRI	อิทธิพลของการพรางแสงและความยาววันต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N ในหัวว่านนางคุ้ม	499
92-AGRI	การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของใบกล้วยตานี	516
98-AGRI	อิทธิพลของค่าการนำไฟฟ้าร่วมกับร่วมกับฟองอากาศไมโคร-นาโนบับเบิลส์ต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกรที่ปลูกในระบบปลูกแบบน้ำลึก (DFT)	527
100-AGRI	ผลของฮิวมิกแอซิดต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกร	537
103-AGRI	ผลของปุ๋ยสูตร 21-21-21 ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์ปทุมมาสายพันธุ์เชียงราย 1	546

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
114-AGRI	การศึกษาการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกจากฟางข้าว	555
115-AGRI	ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทานนามจากศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ 5 สายพันธุ์	567
119-AGRI	ผลของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลต่อการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์	580
121-AGRI	ผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ต่อการงอกเมล็ดและเจริญเติบโตต้นกล้าข้าวพันธุ์ “หอม มพ.1”	591
125-AGRI	ผลของความเข้มข้น 2,4-D ร่วมกับตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น ต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสของถั่วลายเสือในสภาพปลอดเชื้อ	602

งานวิจัย กลุ่มที่ 4 สาขาบริหารธุรกิจ และศิลปศาสตร์

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
14-BA	การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย	614
29-BA	ป้ายสื่อสารภาษาจีนเกี่ยวกับข้อกำหนดด้านสัมภาระและกฎระเบียบข้อบังคับ กรณีศึกษา: สายการบินต้นทุนต่ำ	626
38-BA	การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย	636
39-BA	การสร้างคุณค่าร่วมระหว่างรัฐ เอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย	649
66-BA	ประสิทธิภาพของป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบต่อการให้บริการเช็คอินของสายการบินต้นทุนต่ำแห่งหนึ่ง ณ ท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่	662

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
73-BA	การศึกษาผลของการใช้บอร์ดเกม เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาการบัญชีต้นทุน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	676
78-BA	การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำสำหรับการฆ่าเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือก กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรนาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์	698
86-BA	แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่	704
102-BA	Assessing Smart Livable City Potential through Budget-Development Plan Alignment: A Case Study	714
118-BA	อิทธิพลของความสามารถด้านดิจิทัลของผู้ใช้รายงานทางการเงิน ต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน	724
122-BA	ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร	737
123-BA	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภค ในจังหวัดพิจิตร	756
126-BA	การบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี	787
127-BA	ปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร	805
128-BA	ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก	826

งานวิจัย กลุ่มที่ 5 สาขาศิลปกรรม และสถาปัตยกรรมศาสตร์

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
6-ART	การประยุกต์ใช้กระบวนการทางสถาปัตยกรรมในการพัฒนาผังบริเวณสถาบันการศึกษากรณีศึกษา โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย	845
75-ART	แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อยกระดับพื้นที่ศาสนสถานในสถาบันการศึกษา: กรณีศึกษาลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล	857

งานวิจัย กลุ่มที่ 6 งานวิจัยรับใช้สังคม งานวิจัยนวัตกรรมชุมชน

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
16-SE	การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน เขตภาคเหนือ	870
21-SE	ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะประเทศไทย	894
37-SE	บทบาทของธรรมาภิบาล ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย	919

งานวิจัย กลุ่มที่ 7 งานประจำสู่งานวิจัย

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
10-R2R	การพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี	933
45-R2R	การขับเคลื่อนระบบประกันคุณภาพโรงเรียนสันทรายวิทยาคมสู่ความสำเร็จเชิงเอกภาพด้วย "BANCHUEN MODEL"	951
46-R2R	ประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อการเกษตร ในตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง	962

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
49-R2R	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท	979
51-R2R	การพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลตามแนวคิดลีนและหลักความเข้ากันได้ของสารเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	995
130-R2R	ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในการผลิตมะม่วงของเกษตรกร ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	1007
131-R2R	ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดินของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย	1021

งานวิจัย กลุ่มที่ 8 งานวิจัยด้านการศึกษา

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
12-EDU	การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างโดยใช้สื่อชีวลักษณ์	1037
34-EDU	ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน	1054
35-EDU	การสังเกตของนักศึกษาครูต่อแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ระดับประถมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนที่ใช้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด	1082
40-EDU	การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล ของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1	1100
48-EDU	การศึกษามุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัล	1118
54-EDU	การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย	1130

รหัสบทความ	ชื่อบทความวิจัย	หน้า
55-EDU	สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1	1143
61-EDU	การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (คือเวียง) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา	1157
62-EDU	การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3	1171
63-EDU	การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1	1185
64-EDU	การบริหารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2	1197
74-EDU	การศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	1210
89-EDU	โครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง	1223
104-EDU	ผลของการพัฒนาวิชาชีพครูด้านทักษะการอำนวยการเรียนรู้ผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการในพื้นที่โรงเรียนเขตภาคเหนือตอนล่าง	1235
106-EDU	Development of Reflective Learning Activities through Life Journal Writing to Promote Self-awareness among Students at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai	1248

การพัฒนาระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นสำหรับบ้านดินอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

พัณณิตา แต้เจริญ[1] กฤตยา นาคประสิทธิ์[1*]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*krittaya@rmutl.ac.th, 0818300084

บทคัดย่อ

บ้านดินเป็นทางเลือกในการสร้างที่อยู่อาศัยที่ประหยัดต้นทุน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการใช้พลังงาน จึงสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลให้เกิดสภาพอากาศแปรปรวน ทั้งอุณหภูมิสูงและความชื้นที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างบ้านดินและคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นสำหรับบ้านดินอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ระบบประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น เพื่อควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในบ้านดิน พร้อมแสดงผลผ่านจอ OLED และแอปพลิเคชัน ผลการทดลองพบว่าในช่วงเวลา 0.00 น. ถึง 11.00 น. ระบบสามารถติดตามอุณหภูมิและความชื้นได้ พัดลมระบายอากาศสามารถทำงานได้ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิที่สูงกว่า 30°C และความชื้นมากกว่า 70% ช่วยลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมภายในบ้านดิน และช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย อันเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่อยู่อาศัยอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ บ้านดินอัจฉริยะ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การติดตามอุณภูมิ การติดตามความชื้น

Development of an IoT-Based Temperature and Humidity Monitoring System for a Smart Earthen House

Punnita Taecharoen [1] Krittaya Nakprasit [1*]

[1] Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* krittaya@rmutl.ac.th, 081-8300084

Abstract

Earthen houses are a sustainable housing alternative due to their low cost and environmental benefits. However, climate change can cause extreme temperature and humidity conditions that affect both building structures and occupants' well-being. This study presents an IoT-based temperature and humidity monitoring system for a smart earthen house using an ESP32 microcontroller and temperature and humidity sensors. The system automatically controls a ventilation fan to maintain suitable indoor conditions of a smart earthen house. The experimental results demonstrated that, during the period from 00.00 a.m. to 11.00 a.m., the proposed system successfully monitored indoor temperature and relative humidity. The ventilation fan operated automatically when the indoor temperature exceeded 30°C and the relative humidity was above 70%, in accordance with the predefined control conditions. The system effectively reduced the impact of unfavorable indoor environmental conditions in the earthen house, thereby improving occupants' comfort and quality of life. These findings demonstrate the potential of IoT-based environmental monitoring and control systems as a practical approach to supporting sustainable residential development.

Keywords: Smart Earthen House, Internet of Things (IoT), Temperature Monitor, Humidity Monitor.

1. บทนำ

บ้านดินมีโครงสร้างที่สร้างจากวัสดุดิน เช่น ดินเหนียว ดินทราย และดินปนทราย ซึ่งมีความแตกต่างจากบ้านที่สร้างด้วยวัสดุก่อสร้างทั่วไป เช่น อิฐหรือปูนซีเมนต์ ความชื้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อบ้านดินในหลายด้าน ได้แก่ ด้านความแข็งแรงและความเสถียรของโครงสร้างขึ้นอยู่กับความชื้นที่เหมาะสม คือ ดินที่ใช้ในการสร้างบ้านดินจำเป็นต้องมีความชื้นที่เหมาะสมเพื่อให้มีความเหนียวและยึดเกาะได้ดี เมื่อลงมือก่อสร้าง ดินที่มีความชื้นเหมาะสมจะช่วยให้ผนังและพื้นแข็งแรงและมั่นคง หากมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้ดินกลายเป็นโคลนและอาจทำให้โครงสร้างอ่อนแอเสี่ยงต่อการพังทลาย หากความชื้นต่ำเกินไป ดินที่แห้งเกินไปจะทำให้เกิดรอยแตกและความอ่อนแอของโครงสร้าง ด้านการควบคุมความร้อนและความเย็น บ้านดินมีความสามารถในการเก็บรักษาความร้อนและความเย็นได้ดี แต่ความชื้นที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพนี้ เช่น ความชื้นสูงอาจทำให้บ้านรู้สึกอบอ้าวในช่วงฤดูร้อน นอกจากนี้น้ำฝนหรือความชื้นที่เข้ามาจากภายนอกอาจทำให้บ้านดินเกิดการเสื่อมสภาพหรือเสียหายได้ เช่น การกัดกร่อนหรือการลอกหลุดของผนัง การสร้างระบบระบายน้ำที่ดีและการเคลือบผิวด้วยวัสดุที่กันน้ำสามารถช่วยป้องกันปัญหานี้ ด้านการรักษาสภาพภายใน ความชื้นภายในบ้านดินต้องมีการควบคุมเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ความชื้นที่สูงเกินไปในบ้านดินอาจทำให้เกิดปัญหาสุขภาพหรือความเสียหายต่อโครงสร้าง การควบคุมความชื้น การตรวจสอบและซ่อมแซมรอยแตกหรือความเสียหายที่เกิดจากความชื้นเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพและความทนทานของบ้านดิน เนื่องจากความชื้นมีผลกระทบต่อสุขภาพดังนี้ คือ ความชื้นสูงส่งผลต่อการหายใจลำบาก การเกิดโรคภูมิแพ้และปัญหาของระบบทางเดินหายใจ สภาพแวดล้อมที่ชื้นอาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งสามารถส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น การระคายเคืองที่ผิวหนังและการติดเชื้อ รวมถึงส่งผลเสียต่อสุขภาพจิต ความชื้นสูงอาจทำให้รู้สึกอึดอัดและเครียด ดังนั้นการกำจัดความชื้นส่วนเกินในอากาศจึงเป็นวิธีที่ช่วยป้องกันปัญหาที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้พักอาศัย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงเสนอการพัฒนาระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นสำหรับบ้านดินอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในบ้านดินอัจฉริยะ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยเสริมสร้างความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างและง่ายต่อการบำรุงรักษาบ้านดิน พร้อมทั้งช่วยทำให้ผู้อยู่อาศัยปลอดภัยในการอยู่อาศัยและลดปัญหาสุขภาพ ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาที่อยู่อาศัยอย่างยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ IoT คือเทคโนโลยีที่ใช้เชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อให้สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ โดยมีเซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลต่าง ๆ เช่น

อุณหภูมิ การเคลื่อนไหว หรือสภาพแวดล้อม และส่งข้อมูลไปยังแพลตฟอร์มกลางผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ข้อมูลที่บันทึกไว้จะถูกประมวลผลเพื่อใช้ในการควบคุมหรือปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์ เช่น การควบคุมไฟฟ้าในบ้าน การจัดการเครื่องจักรในโรงงาน หรือการติดตามสุขภาพในทางการแพทย์ ตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT คือระบบบ้านอัจฉริยะ [1]-[3] ทำให้ผู้พักอาศัยสามารถควบคุมอุปกรณ์ในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน การนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้กับบ้านดินอัจฉริยะจึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย เนื่องจากเป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้กับบ้านดินซึ่งคือภูมิปัญญาของท้องถิ่น

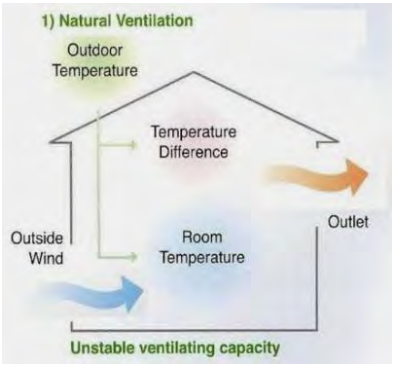
2.2 หลักการป้องกันความชื้นในอาคาร

2.2.1 การระบายอากาศ

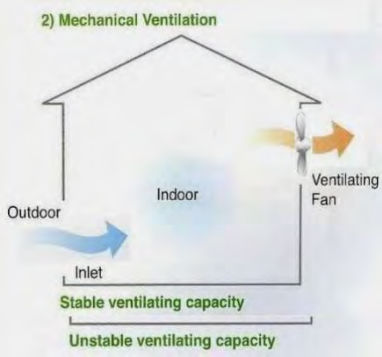
การระบายอากาศคือการจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางด้วยความเร็วที่ต้องการ และสามารถกำจัดมลพิษ ความร้อนความชื้น กลิ่นรบกวน ควัน และอื่น ๆ ให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงาน และให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่

• การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) อาศัยธรรมชาติทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันใน 2 พื้นที่อากาศจึงเคลื่อนที่จากที่มีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่มีความดันบรรยากาศต่ำ ดังรูปที่ 1

• การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation) การระบาย อากาศโดยวิธีกล เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหวหมุนเวียน ดังรูปที่ 2



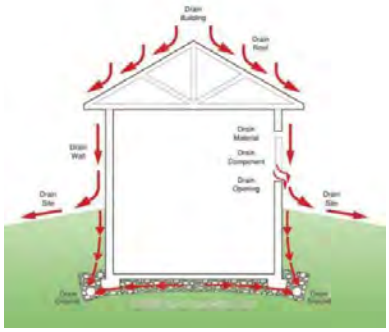
รูปที่ 1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ [4]



รูปที่ 2 การระบายอากาศโดยวิธีกล [4]

2.2.2 การระบายน้ำฝน

การระบายน้ำฝน คือการออกแบบความลาดเอียงของหลังคา รางระบายน้ำฝน และการทำ Flashing ในส่วนต่างๆ ของหลังคา ประกอบกับความลาดเอียงของพื้นที่ลักษณะทางภูมิสถาปัตยกรรม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบการระบายน้ำฝน [5]

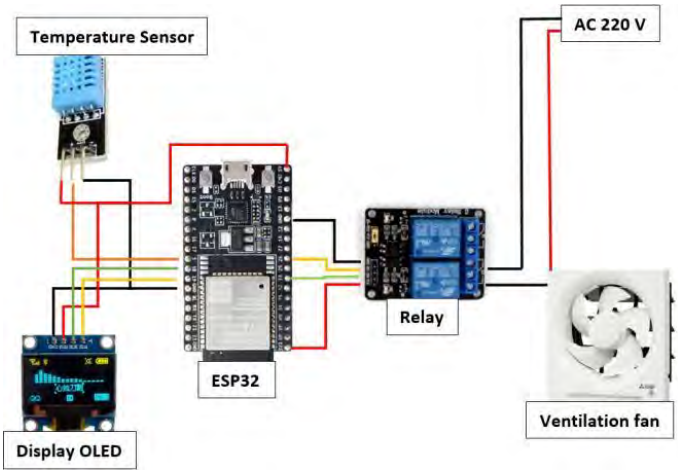
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นสำหรับบ้านดินอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้ถูกออกแบบและพัฒนาให้ใช้งานได้จริง ในการดำเนินการวิจัยได้เริ่มต้นจากการออกแบบบล็อกไดอะแกรมของระบบติดตาม และระบบรายงานผลผ่านแอปพลิเคชัน สร้างโค้ดและทดสอบโค้ด และออกแบบการติดตั้งระบบ เมื่อระบบถูกติดตั้งเรียบร้อยภายในบ้านดินอัจฉริยะแล้ว จะทำการทดสอบระบบและบันทึกผลการทดลองเป็นขั้นตอนต่อไป

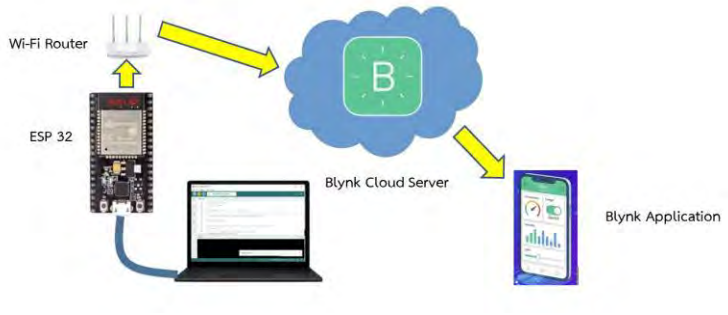
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นสำหรับบ้านดินอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพ

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยควบคุมและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกัน บอร์ด ESP32 เป็นตัวควบคุมหลักที่ใช้ประมวลผลและควบคุมพัดลมระบายอากาศและอุปกรณ์อื่นๆ ระบบประกอบด้วยเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น รีเลย์ 2 ช่อง (Arduino relay 2 channel) สำหรับสั่งการให้โหลดทำงาน และจอ OLED เพื่อแสดงข้อมูลต่าง ๆ เช่น แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้พัดลมระบายอากาศในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามที่เงื่อนไขที่ได้ตั้งค่าไว้ และควบคุมการหยุดการทำงานของพัดลมระบายอากาศตามที่เงื่อนไขที่ได้ตั้งค่าไว้ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำงานของระบบ ในการพัฒนาได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้โดยเชื่อมต่อกับบอร์ด ESP32 สื่อสารผ่านสัญญาณอินเทอร์เน็ตออกไปที่ Blynk cloud server โดยมีแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งในสมาร์ตโฟนทำหน้าที่แสดงสถานะอุณหภูมิและความชื้นจากที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น โดยแสดงเป็นข้อมูลแต่ละชั่วโมงของแต่ละวัน แอปพลิเคชัน Blynk จะได้รับข้อมูลที่ส่งมาจาก Blynk cloud server ดังแสดงได้ในรูปที่ 5 สำหรับการโค้ดจะใช้ Arduino ในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมการสื่อสารรับส่งข้อมูล และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ โดยต้องมีการทดสอบโค้ด Arduino ก่อนการนำอุปกรณ์ไปติดตั้งที่บ้านดิน

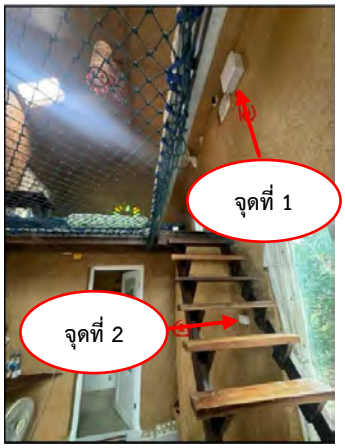
เมื่อระบบผ่านการทดสอบการทำงานแล้ว จะนำไปติดตั้งตามจุดต่าง ๆ โดยบ้านดินอัจฉริยะต้นแบบนี้ได้กำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์และการเดินสายไฟ แสดงดังรูปที่ 6-8



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมของระบบ



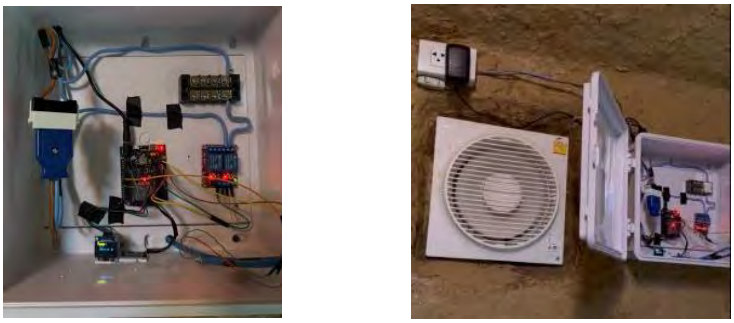
รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมของระบบรายงานผลผ่านแอปพลิเคชัน



รูปที่ 6 ตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นภายในบ้านดิน



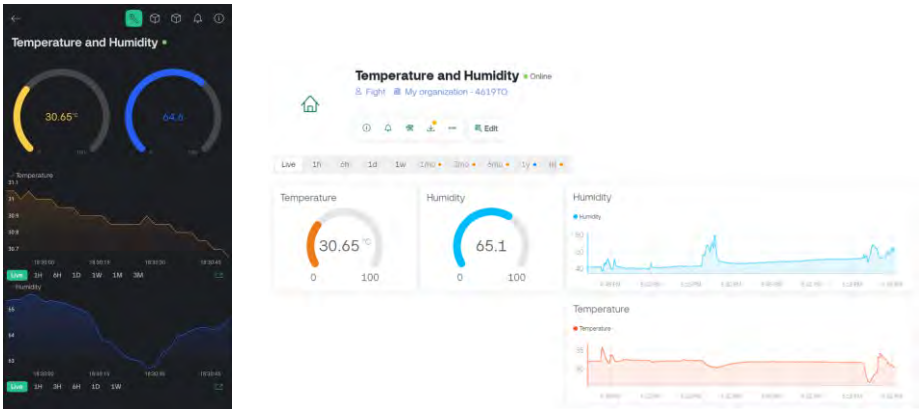
รูปที่ 7 ตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 8 การติดตั้งระบบและการเดินสายไฟ

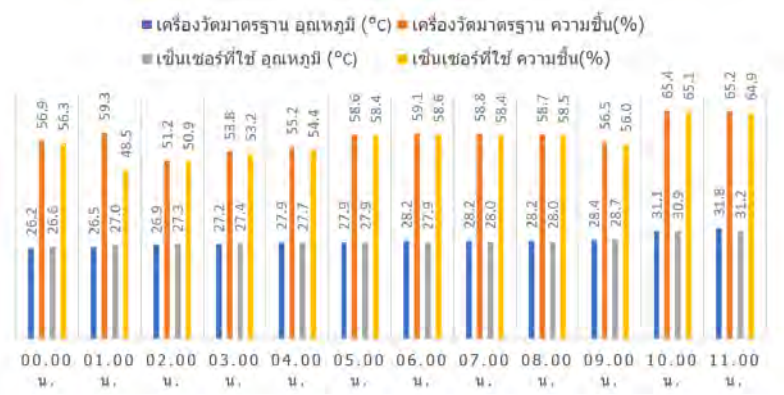
4. ผลการวิจัย

การรายงานค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในบ้านดินอัจฉริยะสามารถแสดงผลได้ทั้งจากแอปพลิเคชัน Blynk และจากเว็ป Blynk โดยข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องตรงกัน ดังแสดงในรูปที่ 9

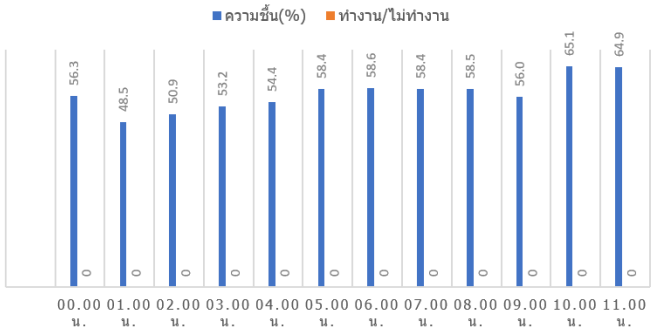


รูปที่ 9 หน้าต่างแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นผ่านจากแอปพลิเคชัน Blynk และจากเว็ป Blynk

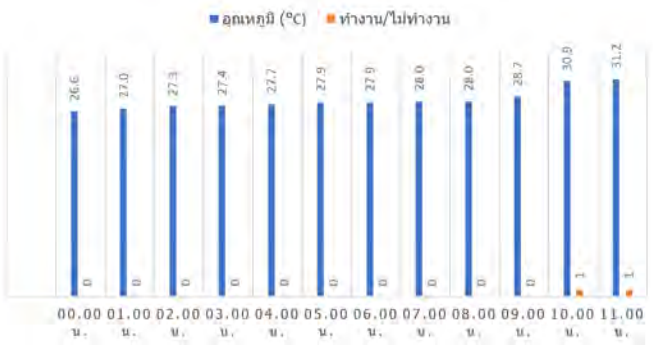
ตามรูปที่ 10 ผลการทดสอบการทำงานวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของเซนเซอร์พบว่า ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานอยู่ในช่วง 26.2°C ถึง 31.8°C ในขณะที่ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ใช้งานอยู่ในช่วง 26.6°C ถึง 31.2°C พบว่าเซนเซอร์ที่ใช้มีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน และมีความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานอยู่ในช่วง 51.2% ถึง 65.4% ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ใช้อยู่ในช่วง 48.5% ถึง 65.1% โดยเซนเซอร์ที่ใช้สามารถวัดค่าได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน แต่มีความคลาดเคลื่อนบางช่วงเวลา



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงผลทดสอบการทำงานวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของเซนเซอร์ระหว่าง 0.00 น. ถึง 11.00 น.



รูปที่ 11 แผนภูมิแสดงผลทดสอบการทำงานของพัดลมระบายอากาศเมื่อความชื้นเกินที่กำหนดระหว่าง 0.00 น. ถึง 11.00 น.



รูปที่ 12 แผนภูมิแสดงผลทดสอบการทำงานของพัดลมระบายอากาศเมื่ออุณหภูมิเกินที่กำหนดระหว่าง 0.00 น. ถึง 11.00 น.

จากรูปที่ 11 ผลการทดสอบการทำงานของระบบติดตามความชื้นพบว่าระบบติดตามความชื้น ไม่ทำงานในช่วงเวลา 00.00 น. ถึง 11.00 น. ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการทำงานสอดคล้องกับการตั้งค่าการทำงานของระบบว่าให้เริ่มทำงานที่ความชื้นมากกว่า 70%

จากรูปที่ 12 การที่ระบบเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิ 30.9°C แสดงให้เห็นว่าการทำงานสอดคล้องกับการตั้งค่าการทำงานของระบบว่าให้เริ่มทำงานที่อุณหภูมิมากกว่า 30°C

5. สรุปและอภิปรายผล

ระบบทำงานได้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยระบบกำหนดความชื้นภายในบ้านเกินค่าที่มากกว่า 70% พัดลมระบายอากาศจะเริ่มทำงานเพื่อลดความชื้นภายในบ้านให้กลับมาสู่ระดับที่เหมาะสม แต่เนื่องจากในการทดสอบไม่มีช่วงไหนที่ความชื้นเกิน 70% พัดลมระบายอากาศจึงไม่ทำงาน ระบบมีการตั้งค่าให้เริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 30°C เมื่ออุณหภูมิในช่วงทดสอบมีค่าถึง 30.9°C พัดลมระบายอากาศทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์การเรียนรู้กสิกรรมธรรมชาติสุขใจพอ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ สำหรับความช่วยเหลือให้ใช้สถานที่ต้นแบบบ้านดินอัจฉริยะเพื่อการทดสอบและเก็บผลการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Sun, Y., & Li, S. (2021). A systematic review of the research framework and evolution of smart homes based on the internet of things. Telecommunication Systems, 77(4), 597–623. https://doi.org/10.1007/s11235-021-00787-w

[2] Alavi, H. (2021). Evolution of IoT-enabled smart home systems based on different parameters. Journal of Smart Systems and Sustainable Technology, 5(2), 135–148.

[3] Laaouar, B., Horma, O., Mohammed, D., Miri, H., Mejdoubi, J., Moussaoui, M., & Mezrhab, A. (2026). A Case Study on the Thermal Performance of Materials in an Earthen House in the Anoual Region, Morocco: Towards Smart Buildings and Durability. 10.1007/978-3-031-99001-4_12.

[4] บริษัท อาร์พีซี อินโนเวชั่น จำกัด. (2026). ระบบระบายอากาศ. http://www.rpci.co.th/15366434/ventilation-system-ระบบระบายอากาศ.

[5] Ueno, K. & Lstiburek, J. (2026). Bulk water control methods for foundations. https://buildingscience.com/documents/bareports/ba-1015-bulk-water-control-methods-for-foundations/view

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การประเมินสมรรถนะและศักยภาพของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า

กิตตินัน สระสวย [1] พัณณิตา แต้เจริญ [1*] ศตวรรษ บูรณา [1] สาคร ปันตา [1] สุชาติ จันทร์จรมานิตย์ [1]
กฤตยา นาคประสิทธิ์ [1]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*aum.punnita@gmail.com, 0897590108

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประเมินสมรรถนะของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหมุนเวียนและทำงานเป็นคาบสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าขนาด 320 W โดยเปรียบเทียบกับแผงอ้างอิงที่ไม่มีระบบระบายความร้อนภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกัน ระบบระบายความร้อนทำงานโดยเปิดปั๊มน้ำ 10 นาที และหยุด 10 นาที สลับกัน การทดลองกลางแจ้งดำเนินการเป็นเวลา 5 วัน โดยวิเคราะห์ข้อมูลแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิแผง และความเข้มรังสีอาทิตย์อาทิตย์ทุก 1 นาที ในช่วงเวลา 11:00–14:00 น. ผลการทดลองพบว่า ณ ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 900.2 W/m² ระบบระบายความร้อนช่วยลดอุณหภูมิของแผงเฉลี่ยได้ 13.32 °C ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 237.55 W เป็น 269.61 W หรือเพิ่มขึ้น 13.43% ขณะที่ประสิทธิภาพของแผงเพิ่มขึ้นจาก 15.90% เป็น 18.04% หรือเพิ่มขึ้น 2.14 จุดร้อยละ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถปรับปรุงสมรรถนะเชิงความร้อนและไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาวะรังสีอาทิตย์ที่สูง

คำสำคัญ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า, การระบายความร้อนด้วยน้ำแบบเป็นคาบ, อุณหภูมิแผง, กำลังไฟฟ้า, ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

Performance Assessment and Efficiency Enhancement Potential of a Water-Cooling System for Bifacial Photovoltaic Modules

Kittinun Srasuay [1] Punnita Taecharoen [1*] Sattawat Burana [1] Sakorn Panta [1]
Suchart Janjornmanit [1] Krittaya Nakprasit [1]

[1] Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak, Mueang Chiang Mai 50300

*aum.punnita@gmail.com, 0897590108

Abstract

This study evaluates the performance of a recirculating intermittent water cooling system for a 320 W bifacial photovoltaic module by comparing it with a reference panel without cooling under identical environmental conditions. The cooling system operated in alternating 10 min on/off cycles. Outdoor experiments were conducted over five days during which voltage, current, module temperature and solar irradiance were recorded at 1 min intervals. Data collected between 11:00 a.m. and 2:00 p.m. were analyzed. At an average solar irradiance of 900.2 W/m², the cooling system reduced the average panel temperature by 13.32 °C, increased the average output power by 13.43% (from 237.55 W to 269.61 W) and improved photovoltaic efficiency from 15.90% to 18.04% (an increase of 2.14 percentage points). These results demonstrate that the water-cooling system effectively enhances the thermal and electrical performance of bifacial PV panels under high solar irradiance conditions.

Keywords: bifacial photovoltaic module, intermittent water cooling, module temperature, output power, photovoltaic efficiency

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีบทบาทสำคัญต่อการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตาม สมรรถนะของระบบโฟโตวอลตาอิกขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิแผง และสภาพแวดล้อม โดยเมื่ออุณหภูมิเซลล์สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานลดลง โดยเฉพาะในช่วงที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูง [1], [2]

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากรังสีที่ตกกระทบทั้งด้านหน้าและด้านหลัง จึงมีศักยภาพในการผลิตพลังงานสูงกว่าแผงแบบหน้าเดียว ทั้งนี้สมรรถนะของแผงขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านการติดตั้งและสภาพแวดล้อม เช่น ค่าอัลบีโด มุมเอียง ความสูงของแผง และเงาบัง [3]-[5] แม้จะได้รับพลังงานจากรังสีด้านหลัง แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลให้สมรรถนะของแผงลดลง ดังนั้นการจัดการความร้อนจึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเป็นวิธีที่ช่วยลดอุณหภูมิของแผงและเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้ โดยมีทั้งการปล่อยน้ำผ่านผิวหน้า [6] การพ่นน้ำหรือละอองน้ำบนผิวหน้าแผง [7], [8] และการระบายความร้อนด้านหลังของแผง [9] อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของระบบยังขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำ อุณหภูมิน้ำ ความเข้มรังสีอาทิตย์ และสภาพแวดล้อมระหว่างการทดลอง นอกจากนี้การทำงานแบบเป็นคาบสามารถช่วยลดการใช้พลังงานของปั๊มและปริมาณการใช้น้ำเมื่อเทียบกับการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง [6]-[8]

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยด้านการระบายความร้อนด้วยน้ำส่วนใหญ่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหน้าเดียว ขณะที่การประยุกต์ใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าโดยเฉพาะระบบระบายความร้อนแบบหมุนเวียนและทำงานเป็นคาบยังมีการศึกษาค่อนข้างจำกัด [6]-[10]

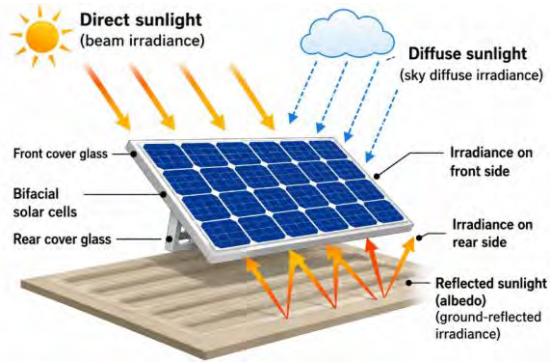
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินสมรรถนะของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหมุนเวียนสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า ซึ่งเลือกใช้เนื่องจากมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากรังสีที่ตกกระทบทั้งด้านหน้าและด้านหลัง และมีแนวโน้มได้รับการใช้งานเพิ่มขึ้น การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินผลของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ติดตั้งบนผิวหน้าของแผงต่อสมรรถนะทางความร้อนและสมรรถนะทางไฟฟ้าภายใต้สภาวะการใช้งานจริง โดยครอบคลุมการประเมินอุณหภูมิแผง กำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของแผง ขณะที่การวิเคราะห์อิทธิพลของรังสีที่ตกกระทบด้านหลังต่อการผลิตพลังงานอยู่นอกขอบเขตของการศึกษานี้ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบระบายความร้อนที่คำนึงถึงสมรรถนะทางความร้อน สมรรถนะทางไฟฟ้า และประโยชน์ด้านพลังงานสุทธิในอนาคต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผง โดยด้านหน้ารับรังสีอาทิตย์โดยตรง ส่วนด้านหลังรับรังสีสะท้อนจากพื้นผิว (Albedo) และรังสีแบบกระจาย

(Diffuse Radiation) จากสภาพแวดล้อมโดยรอบ [3] ส่งผลให้แผงสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหน้าเดียว โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการสะท้อนแสงสูงหรือมีการติดตั้งแผงยกสูงจากพื้น ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณรังสีที่ตกกระทบด้านหลังของแผงและเพิ่มผลผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยรวม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบด้านหน้าและด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า (ดัดแปลงจาก [3], [4])

2.1.1 ผลได้เพิ่มของแผงสองหน้า (Bifacial Gain)

หมายถึงร้อยละของพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าเมื่อเปรียบเทียบกับแผงแบบหน้าเดียวภายใต้สภาวะเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ค่า albedo ของพื้นผิว ความสูงในการติดตั้ง และสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณรังสีที่ตกกระทบด้านหลังของแผง

2.1.2 ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อสมรรถนะของแผง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยด้านหน้ารับรังสีตรงและรังสีกระจายจากท้องฟ้า ส่วนด้านหลังรับรังสีกระจายและรังสีสะท้อนจากพื้นผิวโดยรอบปริมาณรังสีด้านหลังขึ้นอยู่กับค่าอัลบีโด ความสูงของแผง มุมเอียง ระยะห่างระหว่างแถว และเงาบัง [3], [4]

2.2 การวัดและการคำนวณค่าประสิทธิภาพ

การประเมินสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้อาศัยการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าและตัวแปรสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิของแผง และความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยข้อมูลที่ได้ถูกนำมาคำนวณกำลังไฟฟ้า ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ของแผง ดังสมการดังสมการที่ (1) – (5)

$$P_{cooled} = V_{cooled} \times I_{cooled} \quad (1)$$

$$P_{normal} = V_{normal} \times I_{normal} \quad (2)$$

$$\eta(\mathrm{t}) = \frac{P(\mathrm{t})}{G(\mathrm{t}) \times \mathrm{A}} \times 100 \quad (3)$$

$$\%\Delta P = \frac{P_{cooled} - P_{normal}}{P_{normal}} \times 100 \quad (4)$$

$$\%\Delta \eta = \frac{\eta_{cooled} - \eta_{normal}}{\eta_{normal}} \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ $\eta(\mathrm{t})$ คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)

$G(\mathrm{t})$ คือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบแผง (W/m^2)

A คือ พื้นที่ผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

$\%\Delta P$ คือ ร้อยละการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้า (%)

P_{cooled} คือ กำลังไฟฟ้าของแผงที่ติดตั้งระบบระบายความร้อน (W)

P_{normal} คือ กำลังไฟฟ้าของแผงปกติ (W)

$\%\Delta \eta$ คือ ร้อยละการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพ (%)

η_{cooled} คือ ประสิทธิภาพของแผงที่ติดตั้งระบบระบายความร้อน (%)

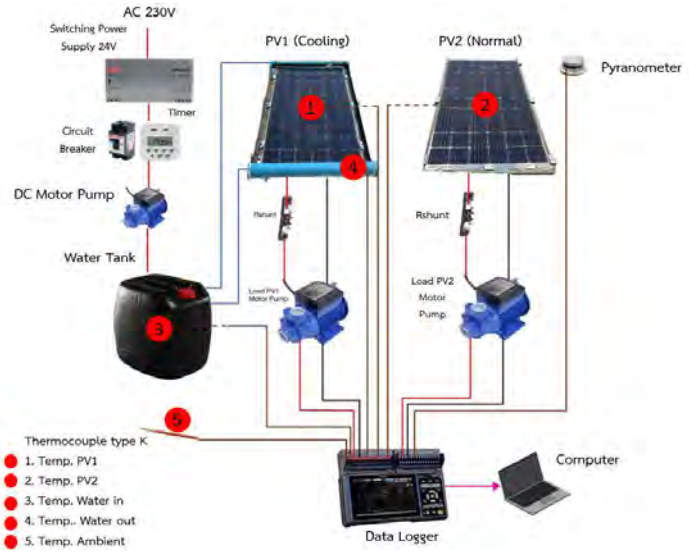
η_{normal} คือ ประสิทธิภาพของแผงปกติ (%)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

จากหลักการทำงานของระบบ จึงได้ออกแบบระบบทดลองสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าร่วมกับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยคำนึงถึงการรับรังสีอาทิตย์ ความแข็งแรงของโครงสร้าง และความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1 การออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบ

ระบบทดลองถูกออกแบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกัน โดยใช้แผงที่ติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำและแผงอ้างอิงที่ไม่มีระบบระบายความร้อน ทั้งสองแผงถูกติดตั้งให้มีทิศทางและมุมเอียงใกล้เคียงกัน ระบบประกอบด้วยปั๊มน้ำกระแสตรง และท่อส่งน้ำแบบไหลหมุนเวียนเพื่อให้น้ำไหลผ่านผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และช่วยลดอุณหภูมิการทำงานของแผง การทำงานของระบบเริ่มจากแผงรับรังสีอาทิตย์และผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยแผงแต่ละแผงต่อเข้ากับโหลดมอเตอร์กระแสตรงแยกกัน จากนั้นทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า อุณหภูมิ และความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยข้อมูลทั้งหมดถูกบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 2



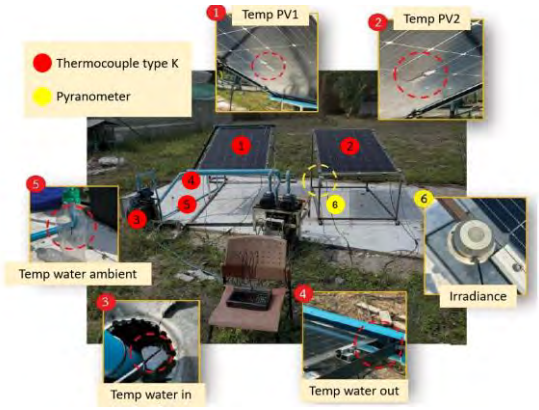
รูปที่ 2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์และลำดับขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบ

3.2 การดำเนินการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองดำเนินการเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าจำนวน 2 แผง โดยแผงหนึ่งติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (PV1) และอีกแผงเป็นแผงอ้างอิงที่ไม่มีระบบระบายความร้อน (PV2) แผงทั้งสองติดตั้งหันไปทางทิศใต้ มุมเอียง 18 องศา และยกสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร การทดลองดำเนินการเป็นระยะเวลา 5 วัน ในช่วงเวลา 08:00–17:00 น. โดยกำหนดให้ระบบระบายความร้อนทำงานในช่วง 11:00–14:30 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูง ปั๊มน้ำถูกควบคุมให้ทำงานแบบเป็นคาบ โดยเปิดทำงาน 10 นาที และหยุดทำงาน 10 นาที สลับกัน ข้อมูลกำลังไฟฟ้า อุณหภูมิแผง และความเข้มรังสีอาทิตย์ถูกบันทึกทุก 1 นาที ด้วยเครื่อง HIOKI LR8450 ร่วมกับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K และไพราโนมิเตอร์ เพื่อนำไปคำนวณประสิทธิภาพของแผงและเปรียบเทียบสมรรถนะของทั้งสองระบบ

3.3 การติดตั้งระบบ

ระบบประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าขนาด 320 W จำนวน 2 แผง ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบบตรวจวัดข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3 ระบบระบายความร้อนประกอบด้วยถังเก็บน้ำ ปั๊มน้ำกระแสตรงขนาด 24 V 280 W และท่อส่งน้ำแบบไหลหมุนเวียน โดยเลือกใช้เพื่อหมุนเวียนน้ำผ่านผิวหน้าของแผงภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่กำหนด ระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ตัวตั้งเวลา และเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อควบคุมช่วงเวลาการทำงานและเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน ส่วนการตรวจวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ติดตั้งที่ตำแหน่งดังรูปที่ 3 ขณะที่ความเข้มรังสีอาทิตย์วัดด้วยไพราโนมิเตอร์ ข้อมูลทั้งหมดถูกส่งเข้าสู่เครื่องบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล ทั้งนี้ยังไม่ได้ประเมินความเหมาะสมของขนาดปั๊มน้ำต่อพลังงานสุทธิของระบบ ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต



รูปที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

4. ผลการวิจัย

ในบทนี้นำเสนอผลการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้า ที่ติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (PV1) และแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าปกติ (PV2) ภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกัน โดยพิจารณาจากอุณหภูมิแผง กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ประสิทธิภาพของแผง และความเข้มรังสีอาทิตย์ที่วัดได้ ผลการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลช่วงเวลา 11.00–14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงและมีแนวโน้มใกล้เคียงกันในแต่ละวันทดลอง เหมาะสมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

4.1 สรุปผลการทดลอง 5 วัน

ตารางที่ 1 สรุปค่าผลการทดลองตลอด 5 วัน

ตัวแปร	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ความเข้มรังสีอาทิตย์ (W/m²)	848	906	872	937	938
อุณหภูมิแผง PV1 (°C)	44.22	41.74	43.36	49.38	53.30
อุณหภูมิแผง PV2 (°C)	59.73	57.95	58.06	61.59	61.20
ผลต่างอุณหภูมิ (PV2 - PV1) (°C)	15.52	16.24	14.70	12.22	7.90
กำลังไฟฟ้า PV1 (W)	263.78	255.92	279.38	297.59	251.39
กำลังไฟฟ้า PV2 (W)	234.27	225.09	239.03	254.34	235.02
ผลต่างกำลังไฟฟ้า (PV1 – PV2) (W)	29.51	30.83	40.36	43.26	16.36
กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (%)	12	14	16	17	7
ประสิทธิภาพ PV1 (%)	18.72	16.99	19.27	19.11	16.13
ประสิทธิภาพ PV2 (%)	16.63	14.96	16.52	16.33	15.08
ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (%)	12.57	13.57	16.64	17.01	6.97

จากตารางที่ 1 พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ PV1 มีอุณหภูมิต่ำกว่าแผง PV2 ตลอดการทดลอง โดยมีผลต่างอุณหภูมิอยู่ในช่วง 7.90–16.24 °C ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงกว่า PV2 ทุกวัน คิดเป็นการเพิ่มขึ้นประมาณ 7–17% และมีประสิทธิภาพสูงกว่า PV2 ในช่วง 6.97–17.01% ในวันที่ 4 ให้กำลังไฟฟ้าสูงที่สุด โดยแผง PV1 ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 297.59 W สูงกว่าแผงปกติ PV2 จำนวน 43.26 W หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 17% ขณะวันที่ 5 มีผลต่างอุณหภูมิน้อยที่สุดเพียง 7.90 °C ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และประสิทธิภาพของแผงเพิ่มขึ้นเพียง 7% และ 6.97% โดยรวมผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และช่วยเพิ่มสมรรถนะในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 ผลของระบบระบายความร้อนต่ออุณหภูมิแผง

จากตารางที่ 1 พบว่าแผง PV1 มีอุณหภูมิต่ำกว่าแผง PV2 โดยมีผลต่างอุณหภูมิอยู่ในช่วง 7.90–16.24 °C และมีค่าเฉลี่ยผลต่างเท่ากับ 13.32 °C ตลอดระยะเวลาการทดลอง 5 วัน แสดงให้เห็นว่าระบบระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถลดการสะสมความร้อนบนผิวแผงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงเวลา 11.00–14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงและเป็นช่วงที่ระบบระบายความร้อนทำงาน

4.2.2 ผลของอุณหภูมิต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยกับเวลา

จากรูปที่ 4 พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของทั้งสองแผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า และมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00–14.00 น. ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงที่สุด และระบบระบายความร้อนเริ่มทำงาน โดย PV1 สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงกว่า PV2 ตลอดช่วงเวลาทดลอง เนื่องจากมีอุณหภูมิของแผงต่ำกว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย 5 วัน พบว่า PV1 ผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า PV2 ในทุกวัน โดยมีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 7–17% และมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่า PV2 อยู่ที่ 13.2% ทั้งนี้ PV1 ให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในวันที่ 4 เท่ากับ 297.59 W ขณะที่ PV2 ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 254.34 W

4.2.3 ผลของระบบระบายความร้อนต่อประสิทธิภาพของแผง

จากผลการคำนวณประสิทธิภาพ พบว่า PV1 มีประสิทธิภาพสูงกว่า PV2 ทุกวันทดลอง โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 16.13–19.27% ขณะที่ PV2 มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 14.96–16.63% ส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นประมาณ 6.97–17.01% เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตลอด 5 วัน พบว่า PV1 มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 18.04% ขณะที่ PV2 มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 15.90% ส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 13.46% ตามสมการที่ 5 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิของแผงด้วยระบบระบายความร้อนด้วยน้ำมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างชัดเจน โดยแผงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสามารถรักษาสมรรถนะการทำงานได้ดีกว่าแผงปกติที่ไม่มีระบบระบายความร้อน

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ประเมินสมรรถนะของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบหมุนเวียนและทำงานเป็นคาบสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองหน้าภายใต้สภาวะกลางแจ้ง ผลการทดลองจากค่าเฉลี่ย 5 วัน พบว่าระบบระบายความร้อนช่วยลดอุณหภูมิของแผงได้เฉลี่ย 13.32 °C ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 237.55 W เป็น 269.61 W หรือเพิ่มขึ้น 13.43% และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2.14 จุดร้อยละ แสดงให้เห็นว่าระบบระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถปรับปรุงสมรรถนะเชิงความร้อนและไฟฟ้าของแผงได้อย่างมีประสิทธิภายใต้สภาวะรังสีอาทิตย์สูง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังไม่ได้พิจารณาพลังงานที่ใช้โดยปั๊มน้ำและการตรวจวัดรังสีอาทิตย์ด้านหลังของแผง ทำให้ค่าประสิทธิภาพที่รายงานเป็นประสิทธิภาพเชิงปรากฏ และกำลังไฟฟ้าที่วัดได้เป็นค่าภายใต้สภาวะการทดลอง ไม่ใช่กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผง ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรประเมินพลังงานสุทธิของระบบ ศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำและรอบการทำงานของปั๊ม รวมถึงบูรณาการระบบติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking: MPPT) เพื่อเพิ่มความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้งานจริงและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยรวม

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากร อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัยตลอดจนมีส่วนสนับสนุนให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Sarmah, P., Kalita, P., Bora, B., & Das, B. (2023). Comprehensive analysis of solar panel performance considering environmental parameters. *Scientific Reports, 13*, Article 22589. doi:10.1038/s41598-023-49495-5

[2] Faiman, D. (2008). Assessing the outdoor operating temperature of photovoltaic modules. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, *16*(4), 307–315. doi:10.1002/pip.813

[3] Stein, J. S., Reise, C., Bonilla Castro, J., Friesen, G., Mauger, G., Urrejola, E., Ranta, S., Riley, D., Deline, C., Ayala Pelaez, S., Yang, X., & Wang, M. (2021). *Bifacial photovoltaic modules and systems: Experience and results from international research and pilot applications (IEA PVPS Task 13 Report T13-14:2021).* International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme.

[4] Kumar, N. M., Gupta, R. P., Mathew, M., Jayakumar, A., & Singh, N. K. (2022). Performance, challenges and opportunities of bifacial photovoltaic technology: A review. *Solar Energy*, *236*, 497–518. doi:10.1016/j.solener.2022.03.008

[5] Garrod, A., & Ghosh, A. (2023). A review of bifacial solar photovoltaic applications. *Frontiers in Energy*, *17*(4), 704–726. doi:10.1007/s11708-023-0903-7

[6] Sornek, K. (2024). Assessment of the impact of direct water cooling and cleaning system operating scenarios on PV panel performance. *Energies*, *17*(17), 4392. doi:10.3390/en17174392

[7] Nižetić, S., Čoko, D., Yadav, A., & Grubišić-Čabo, F. (2016). Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response. *Energy Conversion and Management*, *108*, 287–296. doi:10.1016/j.enconman.2015.10.079

[8] Nateqi, M., Rajabi Zargarabadi, M., & Rafee, R. (2021). Experimental investigations of spray flow rate and angle in enhancing the performance of PV panels by steady and pulsating water spray system. *SN Applied Sciences*, *3*, Article 130. doi:10.1007/s42452-021-04169-4

[9] Bahaidarah, H., Subhan, A., Gandhidasan, P., & Rehman, S. (2013). Performance evaluation of a PV (photovoltaic) module by back surface water cooling for hot climatic conditions. *Energy*, *59*, 445–453. doi:10.1016/j.energy.2013.07.050

[10] Bukar, A. M., Almerbati, A., Shuja, S. Z., & Zubair, S. M. (2025). Enhancing solar PV panel performance through active and passive cooling techniques: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *216*, 115611. doi:10.1016/j.rser.2025.115611

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกำเนิดเสียงจากแผ่นวัสดุพอลิเมอร์โดยอาศัยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกทัศน์ พฤกษวรรณ [1*]และ ระพินทร์ วราภัชระ[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 50300

*eakrmutl@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดเสียงจากแผ่นวัสดุพอลิเมอร์ โดยอาศัยหลักการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสียงผ่านแรงแม่เหล็กไฟฟ้า ระบบประกอบด้วยวงจรขยายกำลัง ขดลวด (Voice Coil) แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม และแผ่นวัสดุพอลิเมอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสั่นสะเทือนกำเนิดเสียง เมื่อป้อนสัญญาณเสียงเข้าสู่ขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงลอเรนซ์ทำให้แผ่นพอลิเมอร์สั่นสะเทือนและสร้างคลื่นเสียงออกสู่สภาพแวดล้อม

การทดลองเลือกใช้แผ่นพอลิเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ เซลลูลอยด์ (Celluloid) และไมลาร์ (Mylar) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านการกำเนิดเสียง โดยวัดระดับความดังและการตอบสนองความถี่ในช่วง 500–20,000 เฮิรตซ์ ที่ระยะ 1, 5 และ 10 เมตร ผลการทดลองพบว่าเซลลูลอยด์ให้เสียงคมชัดและตอบสนองรายละเอียดเสียงได้ดีกว่า ขณะที่ไมลาร์ให้เสียงใสและมีเสถียรภาพในการตอบสนองความถี่มากกว่า

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแผ่นวัสดุพอลิเมอร์สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีข้อดีด้านน้ำหนักเบา โครงสร้างเรียบง่าย ทนต่อความชื้น และเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงหรือกลางแจ้ง รวมถึงเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดเสียงรูปแบบใหม่ในอนาคต

คำสำคัญ เครื่องกำเนิดเสียง, วัสดุพอลิเมอร์, เซลลูลอยด์, ไมลาร์,วงจรขยายเสียง

Design and Development of a Polymer-Based Sound Generator Using Electromagnetic Actuation

Ekkathat Phrueksawan[1*] And Rapin Woraphatchara[2]

[1,2] Telecommunication Engineering Program Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna , Chiang Mai 50300, Thailand

*eakrmutl@rmutl.ac.th

Abstract

This project aimed to design, construct, and evaluate the performance of a polymer-based sound generator using the principle of electromagnetic energy conversion. The system consisted of a power amplifier, a voice coil, neodymium permanent magnets, and a polymer diaphragm that functioned as the primary vibrating element for sound generation. When an audio signal was applied to the voice coil within the magnetic field, a Lorentz force was produced, causing the polymer diaphragm to vibrate and generate sound waves.

Two types of polymer materials, Celluloid and Mylar, were selected and compared in terms of sound generation performance. The sound pressure level and frequency response were measured over a frequency range of 500–20,000 Hz at distances of 1, 5, and 10 meters. The experimental results showed that the Celluloid diaphragm provided clearer sound reproduction and better detail response, while the Mylar diaphragm produced a brighter sound with more stable frequency response characteristics.

The results demonstrate that polymer materials can be effectively used as sound-generating diaphragms. The developed system offers advantages such as lightweight construction, simple design, moisture resistance, and suitability for operation in humid or outdoor environments. This study provides a foundation for the future development of innovative sound generation and audio distribution systems based on polymer materials.

Keywords: Sound Generator, Polymer Diaphragm, Celluloid, Vibration, Power Amplifier

1. บทนำ

ปัจจุบันอุปกรณ์กำเนิดเสียงหรือลำโพงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านการสื่อสารและระบบกระจายเสียง แต่ลำโพงแบบดั้งเดิมยังมีข้อจำกัดในการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นหรือมีน้ำ ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ วัสดุพอลิเมอร์มีคุณสมบัติเด่นด้านน้ำหนักเบา ความยืดหยุ่นสูง ทนต่อความชื้นและการกัดกร่อน รวมทั้งสามารถขึ้นรูปได้ง่าย จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นส่วนกำเนิดเสียงสำหรับงานที่ต้องการความทนทานต่อสภาพแวดล้อม โครงงานนี้จึงมุ่งศึกษาและพัฒนาเครื่องกำเนิดเสียงจากแผ่นวัสดุพอลิเมอร์ โดยอาศัยหลักการแรงลอเรนซ์ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างขดลวดและแม่เหล็กถาวร เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง การศึกษามุ่งเน้นการออกแบบระบบกำเนิดเสียง วงจรขยายสัญญาณ และการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์ที่มีผลต่อระดับความดัง การตอบสนองความถี่ และคุณภาพเสียง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดเสียงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์สำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง โดยมุ่งพัฒนาอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างเรียบง่าย น้ำหนักเบา ต้นทุนต่ำ และสามารถประยุกต์ใช้ในระบบกระจายเสียงกลางแจ้ง อุปกรณ์แจ้งเตือนภัย และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการความทนทานต่อสภาพแวดล้อมในอนาคต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทฤษฎีการเกิดเสียงและการสั่นสะเทือน

แรงลอเรนซ์เป็นแรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก" หัวใจสำคัญของการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียงในเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์ คือปฏิสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามหลักการของแรงลอเรนซ์ (Lorentz Force) โดยเมื่อสัญญาณเสียงในรูปของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับถูกส่งผ่านขดลวดหรือวอยซ์คอยล์ (Voice Coil) ซึ่งวางอยู่ภายในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร จะเกิดแรงทางแม่เหล็กไฟฟ้ากระทำต่อขดลวด ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ไป–กลับตามรูปแบบของสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้าสู่ระบบ แรงดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากสมการ F = BIL โดยที่ (F) คือแรงลอเรนซ์ (B) คือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (I) คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด และ (L) คือความยาวของตัวนำที่อยู่ภายในสนามแม่เหล็ก

ประสิทธิภาพของการสร้างแรงลอเรนซ์ขึ้นอยู่กับความเข้มและความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กภายในช่องว่างอากาศ (Air Gap) หากสนามแม่เหล็กมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ เมื่อวอยซ์คอยล์เคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งสมดุล จะทำให้แรงที่เกิดขึ้นไม่เป็นสัดส่วนกับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้า ส่งผลให้เกิดความเพี้ยนเชิงไม่เชิงเส้น (Nonlinear Distortion) และลดคุณภาพของเสียงที่สร้างขึ้น ดังนั้นการออกแบบระบบแม่เหล็กให้มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของลำโพง

เมื่อขดลวดได้รับแรงลอเรนซ์ จะเกิดการเคลื่อนที่และถ่ายทอดแรงไปยังแผ่นวัสดุพอลิเมอร์ที่ยึดติดอยู่ ทำให้แผ่นพอลิเมอร์เกิดการสั่นสะเทือนตามความถี่และแอมพลิจูดของสัญญาณไฟฟ้า การสั่นสะเทือนดังกล่าวทำให้อากาศบริเวณรอบแผ่นพอลิเมอร์เกิดการอัดตัวและขยายตัวสลับกันอย่างต่อเนื่อง จนเกิดเป็นคลื่นเสียง

แพร่กระจายออกสู่สภาพแวดล้อม กระบวนการนี้จึงเป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล

2.2 ขดลวด (Voice Coil)

จากรูปที่ 1 วอยซ์คอยล์ เมื่อวอยซ์คอยล์เคลื่อนที่ภายในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (Back Electromotive Force: Back EMF) ตามกฎการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์ ซึ่งระบุว่าการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านตัวนำจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะมีทิศทางต้านการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวอยซ์คอยล์ตามกฎของเลนซ์ (Lenz's Law) ส่งผลให้ระบบมีความเสถียรในการสั่นสะเทือนมากขึ้น และมีส่วนสำคัญต่อคุณลักษณะทางไฟฟ้าและการตอบสนองของ



ก วอยซ์คอยล์ตัวล่าง



ข วอยซ์คอยล์ตัวบน

รูปที่ 1 วอยซ์คอยล์

ลำโพง ในเชิงวิศวกรรมลำโพงไม่ได้มีเพียงค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) เท่านั้น แต่ยังมีค่าความต้านทานเชิงซ้อน (Impedance) ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณเสียง เนื่องจากวอยซ์คอยล์มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เมื่อความถี่ของสัญญาณเพิ่มสูงขึ้น ค่าปฏิกิริยาเหนี่ยวนำ (Inductive Reactance) จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าอิมพีแดนซ์ของลำโพงสูงขึ้นตามไปด้วย ขดลวดที่ใช้ในงานวิจัยนี้สร้างจากลวดทองแดงเคลือบฉนวนเบอร์ 34 (AWG 34) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.16 มิลลิเมตร ออกแบบเป็นขดลวดแบบแบน (Planar Voice Coil) เพื่อให้ติดตั้งร่วมกับแผ่นวัสดุพอลิเมอร์ได้สะดวกและช่วยกระจายแรงสั่นสะเทือนได้อย่างทั่วถึง ขดลวดมีความกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร และทำงานร่วมกับแม่เหล็กนีโอไดเมียมเกรด N40 ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กประมาณ 12,600 เกาส์ ขนาด 20 × 10 × 5 มิลลิเมตร ในการทดลองได้ออกแบบขดลวด 2 ขนาด ได้แก่ ขดลวดขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยพันจำนวน 80 รอบเท่ากัน แต่มีค่าความต้านทานแตกต่างกัน คือ 5.5 โอห์ม และ 10 โอห์ม ตามลำดับ เมื่อป้อนสัญญาณเสียงจากภาคขยายกำลังเข้าสู่ขดลวด จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแปรผันและทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร ก่อให้เกิดแรงลอเรนซ์ที่ทำให้ขดลวดและแผ่นพอลิเมอร์สั่นสะเทือนจนเกิดคลื่นเสียง การใช้ขดลวดที่มีค่าความต้านทานต่างกันมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลต่อการตอบสนองความถี่ ระดับความดัง และประสิทธิภาพการกำเนิดเสียงของเครื่องกำเนิดเสียง

จากวัสดุพอลิเมอร์ โดยค่าความต้านทานที่แตกต่างกันส่งผลโดยตรงต่อกระแสไฟฟ้าและแรงขับแม่เหล็กไฟฟ้าของระบบ.

3. วิธีดำเนินการวิจัย

หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์

จากรูปที่ 2 แผนภาพการทำงานของเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์ ระบบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนรับสัญญาณ (Input Stage) ส่วนขยายสัญญาณ (Amplification Stage) และส่วนแยกความถี่และกำเนิดเสียง (Acoustic Output Stage)

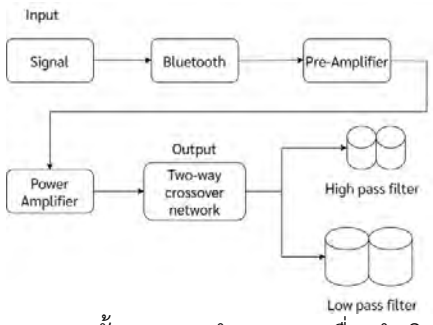
1.ส่วนรับสัญญาณ (Input Stage)

สัญญาณเสียงจากอุปกรณ์ต้นทาง เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือคอมพิวเตอร์ จะถูกส่งผ่านระบบ Bluetooth ไปยังโมดูลรับสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่รับและแปลงข้อมูลเสียงให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้า

2.ส่วนขยายสัญญาณ (Amplification Stage)

สัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจะถูกส่งเข้าสู่ภาคขยายสัญญาณเบื้องต้น (Pre-Amplifier) เพื่อปรับระดับสัญญาณและลดสัญญาณรบกวน จากนั้นส่งต่อไปยังภาคขยายกำลัง (Power Amplifier) เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอสำหรับขับเคลื่อนชุดกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์

3.ส่วนแยกความถี่และกำเนิดเสียง (Acoustic Output Stage)

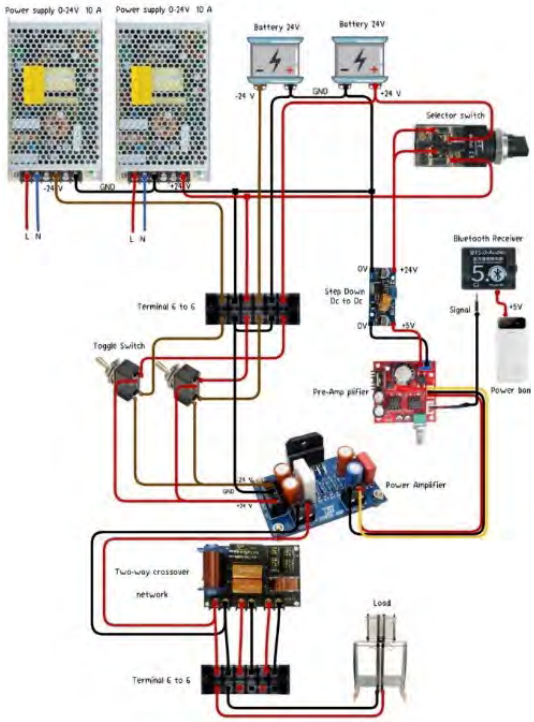


รูปที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์

สัญญาณที่ผ่านการขยายกำลังจะถูกส่งเข้าสู่วงจรแบ่งความถี่แบบสองทาง (Two-Way Crossover) เพื่อแยกเป็นย่านความถี่สูงและความถี่ต่ำ ก่อนส่งไปยังชุดลำโพงพอลิเมอร์สำหรับย่านความถี่สูง (Tweeter) และย่านความถี่ต่ำ (Woofer) ตามลำดับ โดยขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรจะเกิดแรงลอเรนซ์ ทำให้แผ่นพอลิเมอร์สั่นสะเทือนและแผ่กระจายคลื่นเสียงออกสู่สภาพแวดล้อม

จากรูปที่ 2 และ 3 สัญญาณที่ผ่านภาคขยายกำลังจะถูกส่งเข้าสู่วงจรแบ่งความถี่แบบสองทาง (Two-Way Crossover Network) เพื่อแยกสัญญาณเป็นย่านความถี่สูงและย่านความถี่ต่ำ โดยส่งผ่านวงจร High-Pass Filter ไปยังชุดกำเนิดเสียงย่านความถี่สูง (Tweeter) และส่งผ่านวงจร Low-Pass Filter ไปยังชุดกำเนิดเสียงย่านความถี่ต่ำ (Woofer) การแยกย่านความถี่ช่วยให้ลำโพงแต่ละชุดทำงานในช่วงความถี่ที่เหมาะสม ส่งผลให้การตอบสนองความถี่ครอบคลุมมากขึ้น ลดความเพี้ยน และเพิ่มความชัดเจนของเสียง ชุดกำเนิดเสียงทั้งสองใช้

แผ่นวัสดุพอลิเมอร์เป็นตัวแผ่กระจายเสียง โดยขดลวดที่ติดตั้งอยู่ในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรจะเกิดแรงลอเรนซ์เมื่อมีกระแสไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่าน ทำให้ขดลวดและแผ่นพอลิเมอร์สั่นสะเทือนตามสัญญาณไฟฟ้า เกิดการอัดและขยายตัวของอากาศจนกลายเป็นคลื่นเสียง ดังนั้น เครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์นี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย วงจรขยายสัญญาณ และหลักการแม่เหล็กไฟฟ้าในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสียง โดยมีข้อดีด้านน้ำหนักเบา ทนต่อความชื้น และสามารถประยุกต์ใช้ในระบบกระจายเสียงหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานในสภาพแวดล้อมหลากหลายได้.



รูปที่ 3 รูปแบบแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

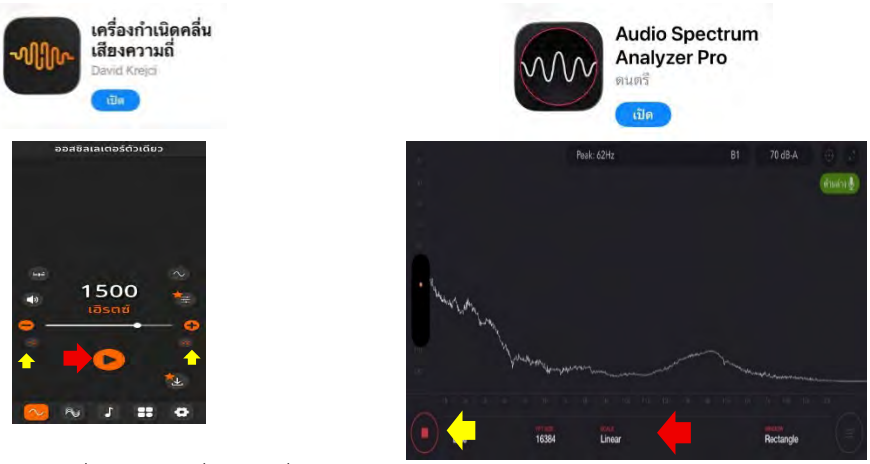


รูปที่ 4 ภาพโครงสร้างเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์แบบสมบูรณ์

จากรูปที่ 4 แสดงต้นแบบเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์จำนวน 2 ขนาด ได้แก่ ชุดต้นแบบขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 14 เซนติเมตร และชุดต้นแบบขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร เพื่อศึกษาผลของขนาดแผ่นพอลิเมอร์ต่อประสิทธิภาพการกำเนิดเสียง โครงสร้างของต้นแบบใช้แผ่นพอลิเมอร์รูปทรงกระบอกยึดตรึงด้วยแผ่นอะคริลิกและแกนเกลียวโลหะ เพื่อรักษาความตึงของแผ่นและเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง บริเวณกึ่งกลางติดตั้งระบบขับเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยขดลวดแบบแบน (Planar Voice Coil) และแม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม โดยขดลวดถูกยึดติดกับแผ่นพอลิเมอร์โดยตรง เพื่อสร้างแรงสั่นสะเทือนและกำเนิดคลื่นเสียงผ่านหลักการแรงลอเรนซ์

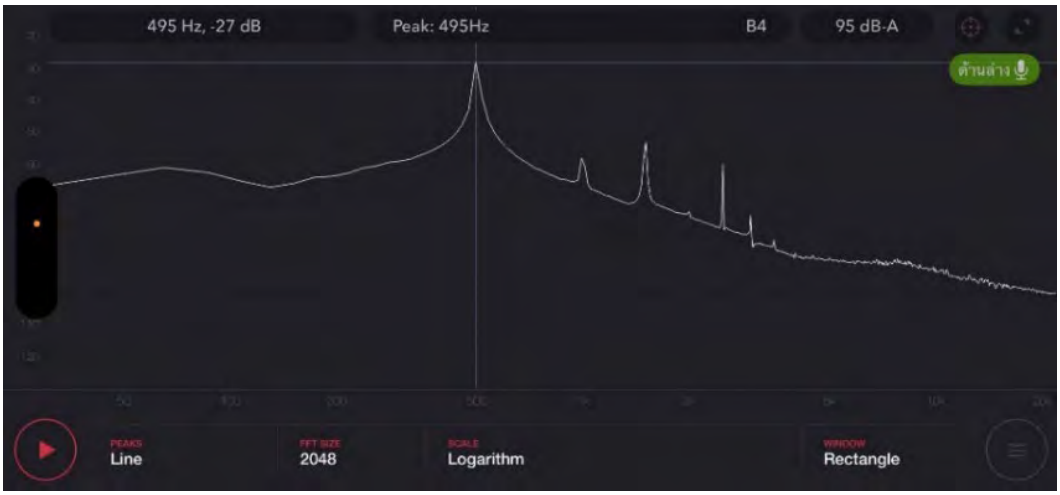
4. ผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดเสียงจากวัสดุพอลิเมอร์ดำเนินการโดยส่งสัญญาณเสียงจากสมาร์ทโฟนผ่านระบบ Bluetooth เข้าสู่เครื่องกำเนิดเสียง สัญญาณจะถูกขยายผ่านวงจร Pre-Amplifier และ Power Amplifier ก่อนเข้าสู่วงจรแบ่งความถี่แบบสองทางเพื่อขับลำโพงพอลิเมอร์ย่านความถี่สูงและต่ำ การวัดผลใช้โปรแกรม Audio Spectrum Analyzer บนสมาร์ทโฟนในการตรวจวัดความถี่ ระดับสัญญาณ และความดังของเสียง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์การตอบสนองความถี่และประเมินประสิทธิภาพการกำเนิดเสียงของวัสดุพอลิเมอร์แต่ละชนิด. จากรูปที่ 5 เป็นการทดสอบการตอบสนองความถี่และระดับความดังของเสียง Pure Tone ผ่าน Bluetooth ไปยังลำโพงพอลิเมอร์ และใช้โปรแกรม Audio Spectrum Analyzer Pro ตรวจวัดความถี่ ระดับสัญญาณ และความดังของเสียง (dBA) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของแผ่นเซลลูลอยด์และไมลาร์.



แอปพลิเคชันเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่ แอปพลิเคชัน Audio Spectrum Analyzer Pro

รูปที่ 5 แอพพลิเคชั่นส่ง-รับสัญญาณ



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความถี่และความดังของสัญญาณแผ่นเซลลูลอยด์ในระยะ 1 เมตร

- **ตารางที่ 1** การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นเซลลูลอยด์ในระยะ 1 เมตร

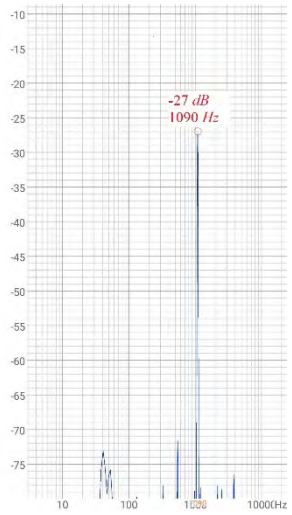
ย่านความถี่ (Hz)	low pass			high pass			Mix (high-low)		
	ความถี่ที่วัดได้ (Hz)	dB-A	dB	ความถี่ที่วัดได้ (Hz)	dB-A	dB	ความถี่ที่วัดได้ (Hz)	dB-A	dB
500	495	95	-27	-	-	-	501	97	-26
1500	1506	96	-37	-	-	-	1499	100	-29
3000	2990	91	-51	2990	76	-66	2998	102	-39
4500	4504	68	-61	4504	71	-58	4504	82	-58
6000	6010	56	-78	6010	79	-49	5996	89	-56
12000	-	-	-	11990	75	-63	11994	85	-53
20000	-	-	-	20001	55	-95	20001	55	-96

ตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นไมลาร์ในระยะ 1 เมตร

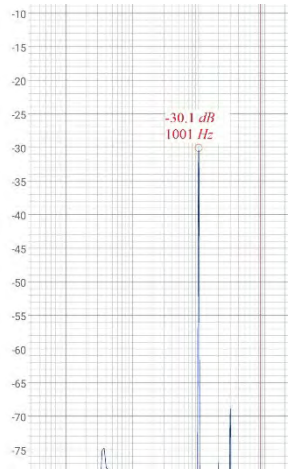
ย่านความถี่ (Hz)	low pass			high pass			Mix (high-low)		
	ความถี่ที่วัดได้ (Hz)	dB-A	dB	ความถี่ที่วัดได้ (Hz)	dB-A	dB	ความถี่ที่วัดได้ (Hz)	dB-A	dB
500	501	85	-44	-	-	-	501	94	-33
1500	1499	91	-37	-	-	-	1499	89	-41
3000	2998	67	-79	2998	84	-57	2998	91	-50
4500	4504	64	-82	4504	77	-65	4504	89	-60
6000	6010	61	-94	5996	81	-66	6010	90	-65
12000	-	-	-	11994	75	-77	11996	68	-68
20000	-	-	-	19992	61	-94	20001	55	-71

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่าวงจรตัดแบ่งความถี่ (Crossover) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตอบสนองความถี่ของระบบ โดยวงจร Low-pass เหมาะสำหรับย่านความถี่ต่ำ วงจร High-pass เหมาะสำหรับย่านความถี่สูง และการใช้งานร่วมกันแบบสองทาง (Mix) ให้การตอบสนองความถี่ครอบคลุมมากที่สุด

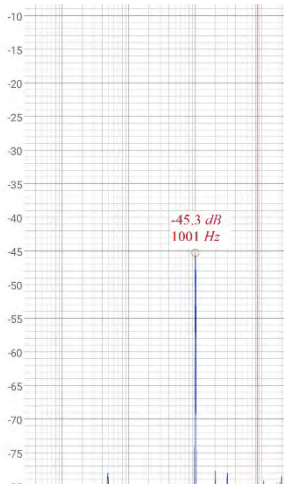
เมื่อเปรียบเทียบวัสดุพอลิเมอร์ พบว่าแผ่นเซลลูลอยด์ให้เสียงคมชัดและมีความดังสูงในระยะใกล้ ขณะที่แผ่นไมลาร์ให้การตอบสนองความถี่กว้างกว่า เสียงมีความสมดุล ความเพี้ยนต่ำ และทนต่อความชื้นได้ดีกว่า จึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากกว่าในภาพรวม จากรูปที่ 7 การวัดระดับเสียงรอบเครื่องกำเนิดเสียงที่ระยะ 1 เมตร ทุก 45 องศา พบว่าเสียงมีความดังสูงในแนวแกนหลักของแผ่นสั่นสะเทือน และลดลงในแนวด้านข้าง แสดงให้เห็นว่าการกระจายเสียงมีลักษณะเป็นแบบมีทิศทาง (Directional Sound Radiation) คล้ายลำโพงแบบไดโพล จึงควรคำนึงถึงทิศทางการติดตั้งเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการกระจายเสียงสูงสุด



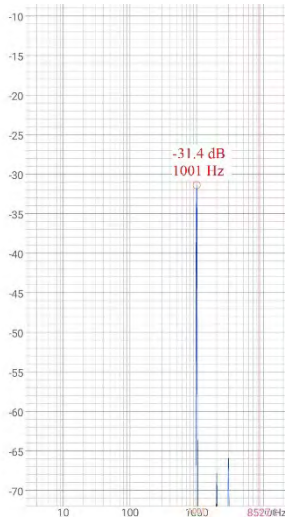
0 องศา



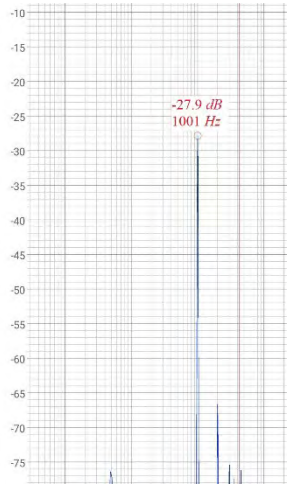
45 องศา



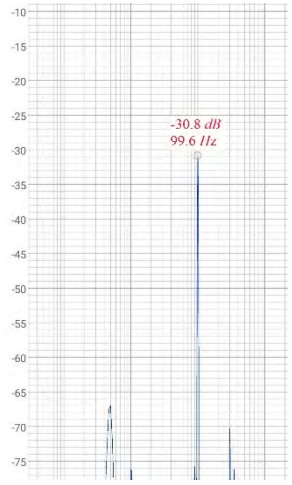
90 องศา



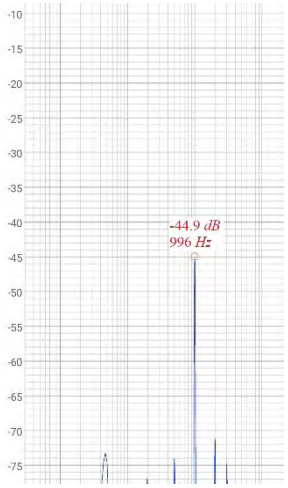
135 องศา



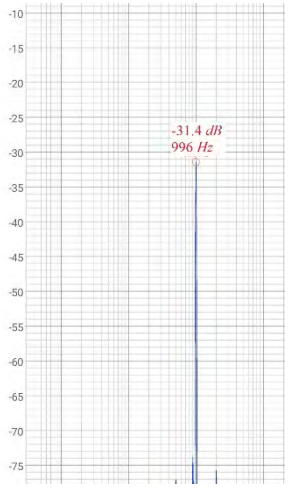
180 องศา



225 องศา



270 องศา



315 องศา

รูปที่ 7 การทดสอบความแรงของสัญญาณที่มุมต่างๆ รอบตัวเครื่องกำเนิดเสียงจากแผ่นวัสดุพอลิเมอร์โดยอาศัยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องกำเนิดเสียงจากแผ่นวัสดุพอลิเมอร์ โดยใช้หลักการแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Lorentz Force) เพื่อแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสียง ระบบประกอบด้วยวงจรรับและขยายสัญญาณ ขดลวด (Voice Coil) แบบแบน แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม และแผ่นพอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวสั่นสะเทือน เมื่อป้อนสัญญาณเสียงเข้าสู่ขดลวดในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงทำให้แผ่นพอลิเมอร์สั่นและสร้างคลื่นเสียง ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบแผ่นพอลิเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ เซลลูลอยด์ (Celluloid) และไมลาร์ (Mylar) และใช้ระบบแยกความถี่แบบสองทาง (Two-Way Crossover) ผลการทดสอบพบว่า แผ่นเซลลูลอยด์ให้เสียงที่คมชัดและมีระดับความดังสูง เมื่อนำไปสร้างเป็นตัวกำเนิดเสียงที่ใช้ในสวนพบว่ามีความกลมกลืนสวยงามไปกับธรรมชาติ ส่วนแผ่นไมลาร์ให้เสียงที่ใสการตอบสนองความถี่กว้างและมีความเพี้ยนต่ำกว่า โดยรวมแผ่นไมลาร์แสดงประสิทธิภาพที่ดีกว่าในแง่ของคุณภาพเสียงและความเสถียร นอกจากนี้ยังพบว่าการกระจายเสียงมีทิศทางชัดเจน (Directional) คล้ายลำโพงแบบไดโพล ผลการวิจัยยืนยันว่าวัสดุพอลิเมอร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องกำเนิดเสียงที่มีประสิทธิภาพ มีโครงสร้างเรียบง่าย น้ำหนักเบา ทนต่อความชื้น และต้นทุนการสร้างต่ำเหมาะสำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ระบบกระจายเสียงกลางแจ้ง งานระบบเสียงในสวน และเป็นแนวทางในการพัฒนาลำโพงรูปแบบใหม่ในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

[1] การแพร่กระจายเสียงของแผ่นระนาบ (Surface Sound Radiation) [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ แหล่งที่มา: https://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/ amp_5.html

[2] Bending Waves (คลื่นการดัดงอ) [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ แหล่งที่มา : https://www.semanticscholar.org/paper/

[3] แผนผังจำลองโมเลกุลของพอลิเมอร์[ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 12 กุมภาพันธ์ แหล่งที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/พอลิเมอร์

[4] กระบวนการทรานสดิวเซอร์ [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 12 กุมภาพันธ์ แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Transducer

[5] แม่เหล็ก นีโอดิเมียม[ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ แหล่งที่มา : http://th.magnet-supplier.com

[6] แผ่น Celluloid [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ แหล่งที่มา : http://www.neion.co.jp/product/protection sheet/protection_sheet2

การจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน

วนิดา สุริยานนท์ [1] , นคร สุริยานนท์ [1*]จรุกิตติ์ ปิมปา [1], ณัฐพล ไชยวงค์ [1] ,
ณัฏฐณิชา วีระกุล[1] , อดิศร โอดศรี [2], ปวียา รักนิ่ม [2]

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*ผู้เขียนที่รับผิดชอบการติดต่อ: jamecu555@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน โดยศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาคู่มือที่เหมาะสมกับการใช้งานของประชาชนในชุมชน การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์และออกแบบเนื้อหา การพัฒนาคู่มือ และการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการวิจัยพบว่า คู่มือที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาครอบคลุมการคัดแยกขยะ การจัดการขยะแต่ละประเภท และหลักการ 3Rs พร้อมภาพประกอบและอินโฟกราฟิกที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจของผู้ใช้งาน ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมีความเห็นสอดคล้องกันว่าคู่มือมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.39) และมีความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของรูปแบบ และความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการส่งเสริมการคัดแยกขยะและการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน

คำสำคัญ : คู่มือการคัดแยกขยะ; การจัดการขยะอย่างยั่งยืน; การคัดแยกขยะ; ชุมชน; การพัฒนาคู่มือ

Development of a Community Waste Separation Manual to Promote Sustainable Waste Management

Wanida Suriyanon[1], Nakorn Suriyanon[1]*, Jarukit Pimpa[1], Natthapol Chaiwong [1], Natthanicha Wirakun [1], Adisorn Ode-sri[2], and Paweeya Raknim[2]

[1] Bachelor of Engineering Program in Environmental Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai 50300, Thailand

[2] College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, 98 Moo 8, Pa Pong Subdistrict, Doi Saket District, Chiang Mai 50220, Thailand

*Corresponding author: jamecu555@rmutl.ac.th

Abstract

This research aimed to develop a community waste separation manual to promote sustainable waste management. The study involved reviewing relevant theories, concepts, and related literature to design and develop a practical manual suitable for community use. The research process consisted of four stages: literature review, manual design, manual development, and quality evaluation by three experts in environmental engineering, solid waste management, and instructional media development. The developed manual covers waste classification, waste separation methods, waste management practices, and the 3Rs (Reduce, Reuse, and Recycle) principle, supported by illustrations and infographics to enhance users' understanding. The evaluation results indicated that the overall quality of the manual was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0. 39) , demonstrating its accuracy, appropriateness, and suitability as an educational resource for promoting waste separation and sustainable waste management in communities.

Keywords: Waste Separation Manual; Sustainable Waste Management; Community Waste Management; 3Rs; Instructional Media

1. บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste: MSW) เป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของหลายประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของเมือง การพัฒนาทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภค ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม ขยะมูลฝอยจะก่อให้เกิดผลกระทบทั้งด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนเมืองและชุมชนกึ่งเมืองที่มีการผลิตขยะในปริมาณสูง การจัดการขยะที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น การทิ้งขยะโดยไม่คัดแยก การรวบรวมและขนส่งที่ไม่เป็นระบบ หรือการกำจัดด้วยการเผาในที่โล่ง ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดมลพิษทางดิน น้ำ และอากาศ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในระยะยาว [2]

สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความท้าทายของประเทศไทยในการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน แม้ว่าภาครัฐจะมีนโยบายส่งเสริมการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดและการใช้ทรัพยากรตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) อย่างต่อเนื่อง แต่ในหลายพื้นที่ยังพบว่าประชาชนขาดความรู้ ความเข้าใจ และพฤติกรรมที่เหมาะสมในการคัดแยกขยะ ส่งผลให้ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ถูกกำจัดรวมกับขยะทั่วไป ทำให้สูญเสียทรัพยากรที่มีคุณค่า และเพิ่มภาระด้านการรวบรวม ขนส่ง และกำจัดขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [3,4]

ขยะมูลฝอยในชุมชนประกอบด้วยขยะหลายประเภท ได้แก่ ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะทั่วไป และขยะอันตราย ซึ่งแต่ละประเภทมีคุณสมบัติ วิธีการจัดการ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ขยะอินทรีย์ที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า ขณะที่ขยะรีไซเคิลที่ไม่ได้รับการคัดแยกตั้งแต่ต้นทางจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนขยะอันตรายอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารพิษลงสู่ดินและแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของประชาชน [5,6] นอกจากนี้ การจัดการขยะที่ไม่เหมาะสมยังเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก ฝุ่นละออง PM2.5 และมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเมือง [7]

ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มีการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดการเกิดขยะ และการนำวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการสนับสนุนการจัดการขยะอย่างยั่งยืน [8] ควบคู่กับแนวคิด Zero Waste ที่มุ่งลดปริมาณขยะที่จะเข้าสู่กระบวนการกำจัดขั้นสุดท้ายผ่านการลดการใช้ การใช้ซ้ำ และการรีไซเคิลอย่างมีประสิทธิภาพ [9]

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากที่เสนอว่าการส่งเสริมความรู้และการสื่อสารข้อมูลด้านการจัดการขยะผ่านสื่อการเรียนรู้ คู่มือ หรือสื่อประชาสัมพันธ์ที่เหมาะสม สามารถช่วยเพิ่มความรู้ ความตระหนัก และพฤติกรรมการคัดแยกขยะของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4,7,9]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการคัดแยกขยะ หรือการประเมินระบบการจัดการขยะในภาพรวม ขณะที่การศึกษาที่มุ่งออกแบบและพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะซึ่งสอดคล้องกับบริบทของชุมชน พร้อมทั้งผ่านการประเมินคุณภาพอย่างเป็นระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด

จังหวัดเชียงใหม่เป็นศูนย์กลางด้านเศรษฐกิจ การท่องเที่ยว การศึกษา และการบริการของภาคเหนือ มีการขยายตัวของชุมชนเมืองและกิจกรรมทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณ 1,475 ตันต่อวัน หรือประมาณ 538,375 ตันต่อปี และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 1,867 ตันต่อวัน หรือประมาณ 681,455 ตันต่อปี ในปี พ.ศ. 2567 [10] แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาสื่อและเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ เพื่อสนับสนุนการลดปริมาณขยะและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะของชุมชน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน โดยสังเคราะห์องค์ความรู้จากทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับหลักการจัดการขยะตามแนวคิด 3Rs และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เพื่อจัดทำคู่มือที่มีเนื้อหาถูกต้องตามหลักวิชาการ เหมาะสมกับบริบทของชุมชน และผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้เป็นสื่อในการส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจ และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด อันจะช่วยลดปริมาณขยะ เพิ่มการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และสนับสนุนการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในระดับชุมชน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้อาศัยกรอบแนวคิดจากทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด แนวคิดการจัดการขยะอย่างยั่งยืนตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ตลอดจนทฤษฎีการออกแบบสื่อการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะสำหรับส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน (Sustainable Waste Management Theory)

ทฤษฎีการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน (Sustainable Waste Management Theory) อธิบายว่าการจัดการขยะควรครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตของขยะ ตั้งแต่การลดการเกิดขยะ การคัดแยก ณ แหล่งกำเนิด การรวบรวม การขนส่ง การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ จนถึงการกำจัดขั้นสุดท้าย โดยมุ่งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสุขภาพของประชาชน [5,6] แนวคิดดังกล่าวให้ความสำคัญกับการลดปริมาณขยะที่จะเข้าสู่ระบบกำจัดขั้นสุดท้าย และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพผ่านการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน

ขยะมูลฝอย (Municipal Solid Waste: MSW) หมายถึง ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของครัวเรือน สถานประกอบการ สถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการ และกิจกรรมเชิงพาณิชย์ ซึ่ง

ประกอบด้วยขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะทั่วไป และขยะอันตราย แต่ละประเภทมีคุณสมบัติและวิธีการจัดการแตกต่างกัน ดังนั้น การจำแนกประเภทของขยะตั้งแต่ต้นทางจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการจัดการขยะอย่างยั่งยืน [5,6]

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้กำหนดหลักการในการจัดการมูลฝอยเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการบริหารจัดการขยะในประเทศไทย

โดยทั่วไป แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ (1) บ้านพักอาศัย (Residential Waste) (2) สถานประกอบการและธุรกิจการค้า (Commercial Waste) (3) สถาบันการศึกษาและหน่วยงานราชการ (Institutional Waste) (4) โรงพยาบาลและสถานพยาบาล (Healthcare Waste) (5) ภาคอุตสาหกรรม (Industrial Waste) และ (6) ภาคเกษตรกรรม (Agricultural Waste)

2.2 ทฤษฎีการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source Separation Theory)

การคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source Separation) เป็นหลักการสำคัญของระบบการจัดการขยะสมัยใหม่ โดยมีแนวคิดว่าการจำแนกขยะตั้งแต่ต้นทางจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรีไซเคิล ลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด และลดต้นทุนของระบบการจัดการขยะโดยรวม [3] หลักการดังกล่าวยังช่วยลดการปนเปื้อนระหว่างขยะแต่ละประเภท ทำให้สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Knickmeyer [4] อธิบายว่าความสำเร็จของการคัดแยกขยะมิได้ขึ้นอยู่กับระบบการจัดการเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของประชาชน รวมถึงความพร้อมของระบบสนับสนุน เช่น ถังขยะแยกประเภท ระบบการรวบรวม และการสื่อสารข้อมูลที่ถูกต้อง ดังนั้น การจัดทำสื่อการเรียนรู้หรือคู่มือที่มีเนื้อหาถูกต้อง เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับบริบทของชุมชน จึงเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด

2.3 แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และหลัก 3Rs

แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นกรอบแนวคิดที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยลดการใช้ทรัพยากรใหม่ ลดการเกิดของเสีย และเพิ่มการหมุนเวียนทรัพยากรกลับเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ [8] แนวคิดดังกล่าวได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

หลักการสำคัญของเศรษฐกิจหมุนเวียน คือ หลัก 3Rs ประกอบด้วย การลดการใช้ (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดปริมาณขยะ และเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร [9] องค์การสหประชาชาติด้านสิ่งแวดล้อม (UNEP) ยังระบุว่าการประยุกต์ใช้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียนร่วมกับระบบการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้ [7]

2.4 ทฤษฎีการออกแบบสื่อการเรียนรู้และการจัดทำคู่มือ

การจัดทำคู่มือเพื่อการเรียนรู้ควรอาศัยหลักการออกแบบการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ (Instructional Design Theory) ซึ่งมุ่งเน้นการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การออกแบบเนื้อหา การพัฒนาสื่อ และการประเมินผลก่อนนำไปใช้งานจริง แนวคิดดังกล่าวได้รับการอธิบายโดย Dick, Carey และ Carey [11] รวมทั้ง Branch [12] ซึ่งเสนอรูปแบบ ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation และ Evaluation) เป็นกรอบในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและสอดคล้องกับลักษณะของผู้ใช้

Gustafson และ Branch [13] ได้เสนอเพิ่มเติมว่าการเลือกใช้รูปแบบการออกแบบการเรียนการสอนควรพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ และบริบทของการนำไปใช้ เพื่อให้การพัฒนาสื่อมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม

ในด้านการนำเสนอข้อมูล ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยสื่อประสม (Multimedia Learning Theory) ของ Mayer [14] อธิบายว่าการนำเสนอข้อมูลผ่านข้อความร่วมกับภาพประกอบ แผนภาพ หรืออินโฟกราฟิกอย่างเหมาะสม จะช่วยลดภาระทางการรับรู้ (Cognitive Load) เพิ่มความเข้าใจ และส่งเสริมประสิทธิภาพของการเรียนรู้ได้ดีกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้ Reigeluth [15] เสนอว่าการออกแบบการเรียนการสอนควรมุ่งเน้นการจัดลำดับเนื้อหา การเลือกวิธีการนำเสนอ และการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่เอื้อต่อการนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างผู้เรียนและบริบทของการเรียนรู้

ดังนั้น การจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะจึงควรออกแบบให้ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย มีลำดับเนื้อหาที่เป็นระบบ และใช้สื่อภาพประกอบควบคู่กับข้อความ เพื่อให้ประชาชนสามารถเรียนรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการคัดแยกขยะและการจัดการขยะในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) เป็นกรอบในการดำเนินงาน ทั้งนี้ การวิจัยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบและจัดทำคู่มือ ตลอดจนการตรวจสอบและประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นการวิจัยและพัฒนาในระยะต้น (Initial Research and Development) ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยระยะต่อไป

3.1 วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยประยุกต์ใช้กระบวนการ ADDIE โดยปรับให้เหมาะสมกับลักษณะของการวิจัยและบริบทของชุมชน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis)

ศึกษาสถานการณ์และปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยในระดับประเทศและระดับชุมชนจากเอกสารวิชาการ งานวิจัย รายงานของหน่วยงานภาครัฐ และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของปัญหา กลุ่มเป้าหมาย และความต้องการด้านองค์ความรู้เกี่ยวกับการคัดแยกขยะ นอกจากนี้ ยังสังเคราะห์ข้อมูลด้านการจัดการขยะตามหลัก 3Rs แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และแนวทางการสื่อสารความรู้ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดเนื้อหาและรูปแบบของคู่มือให้เหมาะสมกับประชาชนในชุมชน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบคู่มือ (Design)

นำผลการวิเคราะห์มาสังเคราะห์และออกแบบโครงสร้างของคู่มือ กำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา ลำดับการนำเสนอ รูปแบบการสื่อสาร และองค์ประกอบด้านภาพประกอบและอินโฟกราฟิก โดยคำนึงถึงความถูกต้องทางวิชาการ ความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย และความสะดวกในการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำคู่มือ (Development)

จัดทำคู่มือการคัดแยกขยะตามโครงสร้างที่ออกแบบไว้ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับประเภทของขยะ การคัดแยกขยะ การจัดการขยะแต่ละประเภท หลักการ 3Rs การจัดการขยะอินทรีย์ และแนวทางการจัดการขยะในชุมชน พร้อมจัดทำภาพประกอบ แผนภาพ และอินโฟกราฟิก เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและส่งเสริมความเข้าใจของผู้ใช้

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบและปรับปรุงคู่มือ (Evaluation)

นำคู่มือที่จัดทำขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ด้านการจัดการขยะมูลฝอย และด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของรูปแบบ ความชัดเจนของภาษา และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย จากนั้นนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขจนได้คู่มือฉบับสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมความพร้อมสำหรับการนำไปใช้ (Implementation)

การวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมการจัดทำและประเมินคุณภาพของคู่มือในระดับการวิจัยและพัฒนาเบื้องต้น โดยคู่มือที่ผ่านการประเมินและปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญได้รับการเตรียมความพร้อมสำหรับการนำไปทดลองใช้ (Try-out) กับประชาชนในชุมชนในงานวิจัยระยะต่อไป เพื่อประเมินผลด้านความรู้ ความเข้าใจ และพฤติกรรมการคัดแยกขยะของกลุ่มเป้าหมาย

เพื่อให้เห็นภาพรวมของกระบวนการวิจัยและความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน กรอบการดำเนินงานวิจัยตามกระบวนการ ADDIE ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบคู่มือ การจัดทำคู่มือ การตรวจสอบและปรับปรุงคู่มือ และการเตรียมความพร้อมสำหรับการนำไปใช้ (Implementation) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบการดำเนินงานวิจัยตามกระบวนการ ADDIE

3.2 การตรวจสอบคุณภาพของคู่มือ

คู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชนที่จัดทำขึ้น ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการขยะมูลฝอย และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสื่อการเรียนรู้ เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของคู่มือกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

ผู้เชี่ยวชาญประเมินแต่ละรายการด้วยคะแนน +1 (สอดคล้อง) 0 (ไม่แน่ใจ) และ -1 (ไม่สอดคล้อง) จากนั้นนำคะแนนมาคำนวณค่า IOC โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป รายการที่ผ่านเกณฑ์จึงได้รับการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปประเมินคุณภาพของคู่มือต่อไป ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพคู่มือแสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า รายการประเมินทุกข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และมีค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินและคู่มือมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี และมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพของคู่มือ

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)

รายการประเมิน	IOC
1. ความถูกต้องของเนื้อหาทางวิชาการ	1.00
2. ความครบถ้วนของเนื้อหา	1.00
3. ความเหมาะสมของลำดับเนื้อหา	1.00
4. ความชัดเจนของภาษา	0.67
5. ความเหมาะสมของภาพประกอบ	1.00
6. ความสวยงามของรูปแบบ	0.67
7. ความสะดวกในการนำไปใช้	1.00
8. ความเหมาะสมกับประชาชนทั่วไป	1.00
9. ความสามารถในการส่งเสริมการคัดแยกขยะ	1.00
10. คุณภาพโดยรวมของคู่มือ	1.00
ค่าเฉลี่ย IOC	**0.94**

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่ออธิบายระดับคุณภาพของคู่มือในแต่ละด้าน พร้อมทั้งใช้ค่า IOC เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
4.51–5.00	มากที่สุด
3.51–4.50	มาก
2.51–3.50	ปานกลาง
1.51–2.50	น้อย
1.00–1.50	น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน

ผลการศึกษาพบว่า ผู้วิจัยสามารถพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชนได้สำเร็จ โดยคู่มือได้รับการออกแบบให้มีเนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และมีภาพประกอบในลักษณะอินโฟกราฟิกเพื่อช่วยเพิ่มความน่าสนใจและความเข้าใจของผู้อ่าน ทั้งนี้

เนื้อหาในคู่มือได้รับการเรียบเรียงให้เหมาะสมกับประชาชนทั่วไป สามารถนำไปใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้และเผยแพร่ความรู้ด้านการจัดการขยะในระดับครัวเรือนและชุมชนได้

คู่มือที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 6 บท ได้แก่ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขยะมูลฝอย ประเภทของขยะมูลฝอย หลักการคัดแยกขยะตามประเภท แนวทางการจัดการขยะแต่ละประเภท หลักการจัดการขยะตามแนวคิด 3Rs และตัวอย่างการจัดการขยะในระดับครัวเรือนและชุมชน โดยแต่ละบทได้รับการออกแบบให้มีลำดับเนื้อหาที่ต่อเนื่องและสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ของประชาชน เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ ภายในคู่มือยังมีภาพประกอบ แผนภาพ และตัวอย่างการปฏิบัติที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชน เพื่อช่วยให้ประชาชนสามารถเรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดแยกขยะได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้คู่มือมีความเหมาะสมต่อการใช้เป็นสื่อประชาสัมพันธ์และสื่อการเรียนรู้ด้านการจัดการขยะอย่างยั่งยืน ตัวอย่างองค์ประกอบของคู่มือแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยหน้าปก สารบัญ เนื้อหาเกี่ยวกับประเภทของขยะมูลฝอย หลักการจัดการขยะตามแนวคิด 3Rs ตัวอย่างอินโฟกราฟิก และหน้าปิดของคู่มือ

4.2 ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า คู่มือที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.39) ดังแสดงในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของคู่มืออยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน โดยด้านที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ความเหมาะสมของลำดับเนื้อหา ความเหมาะสมของภาพประกอบและความสวยงามของรูปแบบ ($\bar{x}$ = 5.00, S.D. = 0.00) ขณะที่ด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความครบถ้วนของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษา ความสะดวกในการนำไปใช้ การส่งเสริมการคัดแยกขยะ และคุณภาพโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 (S.D. = 0.58) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาภาพรวมของการประเมิน พบว่าคู่มือมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.75 (S.D. = 0.39) แสดงให้เห็นว่าคู่มือที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับมากที่สุด และมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการคัดแยกขยะและการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน



รูปที่ 2 ตัวอย่างองค์ประกอบของคู่มือการคัดแยกขยะ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญ (n = 3)

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับ**
ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	0.58	มากที่สุด
ความครบถ้วนของเนื้อหา	4.67	0.58	มากที่สุด
ความเหมาะสมของลำดับเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
ความชัดเจนของภาษา	4.67	0.58	มากที่สุด
ความเหมาะสมของภาพประกอบ	5.00	0.00	มากที่สุด
ความสวยงามของรูปแบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
ความสะดวกในการนำไปใช้	4.67	0.58	มากที่สุด
การส่งเสริมการคัดแยกขยะ	4.67	0.58	มากที่สุด
คุณภาพโดยรวมของคู่มือ	4.67	0.58	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.75**	**0.39**	**มากที่สุด**

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน โดยสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการจัดการขยะมูลฝอย หลักการ 3Rs แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และหลักการออกแบบสื่อการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาคู่มือที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชน ผลการวิจัยพบว่าสามารถจัดทำคู่มือที่มีเนื้อหาครอบคลุมการคัดแยกขยะ การจัดการขยะแต่ละประเภท และหลักการ 3Rs พร้อมทั้งใช้ภาพประกอบและอินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมความเข้าใจของผู้ใช้งาน คู่มือที่พัฒนาขึ้นผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.94 แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาและองค์ประกอบของคู่มือมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย นอกจากนี้ ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าคู่มือมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.39) สะท้อนให้เห็นว่าคู่มือมีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอ และความสะดวกในการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการคัดแยกขยะและการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในชุมชน

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอนของ Dick, Carey และ Carey [11] และ Branch [12] ซึ่งเสนอว่าการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ควรดำเนินการอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ การออกแบบ การพัฒนา และการประเมินคุณภาพก่อนนำไปใช้งานจริง ทั้งนี้ กระบวนการพัฒนาคู่มือในการวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการ ADDIE เป็นกรอบการดำเนินงาน ส่งผลให้คู่มือมีเนื้อหาที่เป็นระบบ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้ การออกแบบคู่มือให้ใช้ภาพประกอบและอินโฟกราฟิกร่วมกับข้อความยังสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยสื่อประสม (Multimedia Learning Theory) ของ Mayer [14] ซึ่งอธิบายว่าการนำเสนอข้อมูลผ่านข้อความร่วมกับสื่อภาพอย่างเหมาะสมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดภาระทางการรับรู้ และส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนได้ดีกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าผลการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาคู่มือและสื่อการเรียนรู้ด้านการจัดการขยะในประเทศไทย ซึ่งรายงานว่าการพัฒนาคู่มือโดยใช้กระบวนการที่เป็นระบบและผ่านการประเมินคุณภาพก่อนนำไปใช้งาน สามารถช่วยให้ได้สื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อกลุ่มเป้าหมาย โดย Toomhome และคณะ [16] พบว่าคู่มือฝึกอบรมการจัดการขยะที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับสูง และสามารถส่งเสริมความรู้ ทัศนคติ และทักษะการจัดการขยะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับวงศ์จันทราและคณะ [17] ที่รายงานว่าคู่มือการฝึกอบรมการจัดการขยะรีไซเคิลมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และช่วยเพิ่มความรู้และทัศนคติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมภายหลังการใช้งาน ขณะที่เวียงสมุทรและคณะ [18] พบว่าคู่มือส่งเสริมการจัดการขยะโดยการใช้ถังขยะสามารถยกระดับความรู้และทัศนคติของผู้เรียนได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Leeabai และคณะ [19] ยังรายงานว่าการออกแบบอินโฟกราฟิกและสื่อการสื่อสารด้านสิ่งแวดล้อมสามารถเพิ่มความเข้าใจ ความตระหนัก และพฤติกรรมการคัดแยกขยะของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสนับสนุนแนวทางการออกแบบคู่มือของการวิจัยครั้งนี้ ขณะเดียวกัน ภูผา [20] ยังรายงานว่าการพัฒนาสื่อและคู่มือด้านสิ่งแวดล้อมที่มีเนื้อหาเข้าใจง่ายและสอดคล้องกับบริบทของผู้ใช้งานสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาทั้งหมดสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้านการจัดการขยะอย่างเป็นระบบเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับคุณภาพของสื่อและส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ใช้ ทั้งในบริบทของสถานศึกษาและชุมชน

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการพัฒนาคู่มือสำหรับนักเรียน นิสิต หรือการฝึกอบรมในสถานศึกษา และประเมินผลภายหลังการนำคู่มือไปทดลองใช้กับผู้เรียนเป็นหลัก [16–20] ขณะที่การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาคู่มือสำหรับประชาชนในระดับชุมชน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่มีบทบาทสำคัญต่อการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านการจัดการขยะ หลักการ 3Rs แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และการออกแบบสื่อด้วยภาพอินโฟกราฟิก พร้อมทั้งตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนการนำไปทดลองใช้ จึงช่วยเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับประชาชนในระดับชุมชน และเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาประสิทธิผลของคู่มือในระยะต่อไป

ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญยังแสดงให้เห็นว่าคู่มือมีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอ และศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการคัดแยกขยะในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับ Knickmeyer [4] ที่เสนอว่าการจัดทำสื่อและการสื่อสารข้อมูลที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมพฤติกรรมการคัดแยกขยะของประชาชน นอกจากนี้ เนื้อหาของคู่มือยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ของ Kirchherr และคณะ [8] และแนวคิด Zero Waste ของ Zaman [9] ที่มุ่งเน้นการลดการเกิดขยะ การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และการนำวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการสนับสนุนการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในระดับชุมชน ทั้งนี้ Phothisawang และคณะ [21] ยังรายงานว่าการใช้สื่อการเรียนรู้ร่วมกับกิจกรรมสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน เช่น คู่มือ เอกสารเผยแพร่ การอบรม และสื่อดิจิทัล สามารถเพิ่มความตระหนักและพฤติกรรมการคัดแยกขยะได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคู่มือในการวิจัยครั้งนี้

กล่าวโดยสรุป งานวิจัยครั้งนี้มีคุณูปการสำคัญในการพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะที่ผ่านกระบวนการออกแบบและประเมินคุณภาพอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ในบริบทของชุมชน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยที่ส่วนใหญ่มุ่งเน้นกลุ่มผู้เรียนในระบบการศึกษา ผลการวิจัยจึงเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถสนับสนุนการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้านการจัดการขยะสำหรับประชาชน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการรณรงค์ การฝึกอบรม หรือกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โรงเรียน และชุมชน เพื่อส่งเสริมการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดและสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาในระยะต้น (Initial Research and Development) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของคู่มือผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น ผลการวิจัยจึงสะท้อนถึงความเหมาะสมของคู่มือในด้านเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอเป็นสำคัญ แต่ยังไม่สามารถยืนยันประสิทธิผลของคู่มือต่อการเปลี่ยนแปลงความรู้ ทัศนคติ หรือพฤติกรรมการคัดแยกขยะของประชาชนได้โดยตรง การวิจัยในระยะต่อไปจึงควรนำคู่มือไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายในชุมชน และประเมินผลทั้งด้านความรู้ ทัศนคติ พฤติกรรม ความพึงพอใจของผู้ใช้ รวมถึงผลลัพธ์เชิงปฏิบัติ เช่น การเพิ่มอัตราการคัดแยกขยะ การลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด และการเพิ่มสัดส่วนของขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อยืนยันประสิทธิผลของคู่มือและสนับสนุนการประยุกต์ใช้ในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำคู่มือไปใช้เป็นสื่อประกอบการอบรม การรณรงค์ และกิจกรรมส่งเสริมการคัดแยกขยะในชุมชน โรงเรียน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด

2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถประยุกต์ใช้คู่มือร่วมกับโครงการหรือกิจกรรมด้านการจัดการขยะ เช่น ธนาคารขยะ การจัดการขยะอินทรีย์ และกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการขยะและสนับสนุนการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาประสิทธิผลของคู่มือโดยประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการคัดแยกขยะของประชาชน ทั้งก่อนและหลังการใช้คู่มือ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของสื่อที่พัฒนาขึ้น

2. ควรพัฒนาคู่มือในรูปแบบสื่อดิจิทัล เช่น หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-Book) อินโฟกราฟิกแบบโต้ตอบ เว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อเพิ่มการเข้าถึงข้อมูลและขยายผลการใช้งานให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลาย

3. ควรศึกษาการประยุกต์ใช้คู่มือในชุมชนที่มีบริบทแตกต่างกัน ทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ และภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาและปรับปรุงคู่มือให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ควรศึกษาการประยุกต์ใช้คู่มือในชุมชนที่มีบริบทแตกต่างกัน เพื่อประเมินความเหมาะสมและปรับปรุงเนื้อหาให้สอดคล้องกับพื้นที่และกลุ่มเป้าหมายมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากกลุ่มแผนงานใต้ร่มพระบารมี ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๙ ขอบคุณกลุ่มแผนงานใต้ร่มพระบารมี และทุกหน่วยงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank. https: / / openknowledge. worldbank. org/ entities/ publication/ d3f9d45e- 115f- 559b-b14f-28552410e90a

[2] กรมควบคุมมลพิษ. (2567). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2566*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. https://www.pcd.go.th/publication/30713

[3] Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*(6), Article 1060. https://doi.org/10.3390/ijerph16061060

[4] Knickmeyer, D. (2020). Social factors influencing household waste separation: A literature review on good practices to improve the recycling performance of urban areas. *Journal of Cleaner Production, 245*, Article 118605. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118605

[5] Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (Eds.). (2002). *Handbook of solid waste management* (2nd ed.). McGraw-Hill.

[6] Chen, D. M. C., Bodirsky, B. L., Krueger, T., Mishra, A., & Popp, A. (2020). The world's growing municipal solid waste: Trends and impacts. *Environmental Research Letters, 15*(7), Article 074021. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8659

[7] United Nations Environment Programme. (2024). *Global waste management outlook 2024: Beyond an age of waste— Turning rubbish into a resource*. https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024

[8] Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling, 127*, 221–232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005

[9] Zaman, A. U. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production, 91*, 12–25. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013

[10] จังหวัดเชียงใหม่. (2568). *แผนปฏิบัติการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน "จังหวัดสะอาด" ประจำปี พ.ศ. 2568*. https://www.cmcity.go.th/data/content/2025/27653/pdf/benostuwy289.pdf

[11] Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction* (8th ed.). Pearson.

[12] Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

[13] Gustafson, K. L., & Branch, R. M. (2002). *Survey of instructional development models* (4th ed.). ERIC Clearinghouse on Information & Technology. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED477517.pdf

[14] Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

[15] Reigeluth, C. M. (Ed.). (1999). *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2). Lawrence Erlbaum Associates.

[16] คุรุโคตร, จ., ตูมโฮม, พ., และปุมสันเทีย, จ. (2561). การพัฒนาคู่มือฝึกอบรมการจัดการขยะสำหรับนิสิตสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts), 11*(1).

[17] วงศ์จันทรา, ป., วงศ์จันทรา, ค., บุตราช, ส., และสรประสิทธิ์, อ. (2559). การฝึกอบรมเรื่องการจัดการขยะรีไซเคิลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 3*(3), 98–112.

[18] เวียงสมุทร, อ., วงจันทรา, ป., และพันธุ์ศิริ, ช. (2560). การส่งเสริมการจัดการขยะโดยการใช้ถังขยะสำหรับนิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน, 2*(3), 1–9.

[19] Leeabai, N., Siripaiboon, C., Tatwee-ngern, K., Buttanook, C., Sujirapatpong, W., Yimyarn, D., Takahashi, F., & Areeprasert, C. (2023). The integrated study of the effects of infographic design on waste separation behavior and the behavioral outcome implementation on waste composting. *Waste Management, 169*, 276– 285. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.07.019

[20] ภูผา, ร. (2548). การสร้างคู่มือ เรื่อง การมีส่วนร่วมจัดการขยะชุมชน สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม, 27*(2), 69–83. https://digital.car.chula.ac.th/aer/vol27/iss2/6

[21] Phothisawang, W., et al. (2026). Effects of source-based waste management awareness on waste segregation behavior among lower secondary school students in Thailand: A case study of Phitsanulok Province. *Sustainability, 18*(6), Article 3101. https://doi.org/10.3390/su18063101

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

นคร สุริยานนท์ [1], วนิดา สุริยานนท์ [1*], พรพรรษา ม่านใต้ [1], ศตวรรษ กังวาฬวงษ์ [1], ธัญชวรัตน์ พรมเมืองยอง [1], อดิศร โอดศรี [2], ปวียา รักนิ่ม [2]

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

* wanidaenv@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Scope 2) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากใบแจ้งค่าไฟฟ้าเป็นข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ภายใต้มาตรฐาน ISO 14064-1 แนวทาง The Greenhouse Gas Protocol และแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2566 มหาวิทยาลัยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 3,247,189.00 กิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1,542,414.78 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ขณะที่ในปี พ.ศ. 2567 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 4,750,000.00 กิโลวัตต์ชั่วโมง ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเป็น 2,254,637.70 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.18 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมของมหาวิทยาลัย และข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลฐานสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก การวางแผนอนุรักษ์พลังงาน การกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสนับสนุนการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions)

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก; คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร; การใช้พลังงานไฟฟ้า; Scope 2

Assessment of the Organizational Carbon Footprint from Electricity Consumption at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai Campus

Nakorn Suriyanon[1], Wanida Suriyanon[1]*, Ponphansa Mantai[1], Satawat Kangwanwong[1], Tunchawarat Prommuengyong[1], Adisorn Ode-sri[2], and Paweeya Raknim[2]

[1] Bachelor of Engineering Program in Environmental Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai 50300, Thailand

[2] College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, 98 Moo 8, Pa Pong Subdistrict, Doi Saket District, Chiang Mai 50220, Thailand

*Corresponding author: wanidaenv@rmutl.ac.th

Abstract

This study aimed to evaluate and compare indirect greenhouse gas (GHG) emissions from electricity consumption (Scope 2) at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, between 2023 and 2024. Electricity consumption data were obtained from utility bills and used as activity data to calculate GHG emissions following the Carbon Footprint for Organization (CFO) methodology in accordance with ISO 14064-1, the Greenhouse Gas Protocol, and the guidelines of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). The results showed that electricity consumption increased from 3,247,189.00 kWh in 2023 to 4,750,000.00 kWh in 2024, resulting in an increase in GHG emissions from 1,542,414.78 to 2,254,637.70 kgCO_2e, representing a 46.18% increase. The findings indicate that purchased electricity is a major source of the university's indirect GHG emissions. The results provide baseline information for greenhouse gas inventory development, energy conservation planning, and the implementation of GHG mitigation measures, thereby supporting the university's transition toward carbon neutrality and net-zero greenhouse gas emissions.

Keywords: Greenhouse Gas Emissions; Carbon Footprint for Organization (CFO); Electricity Consumption; Indirect Greenhouse Gas Emissions (Scope 2)

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นหนึ่งในความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของโลกในศตวรรษที่ 21 โดยมีสาเหตุหลักจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคพลังงานและการขนส่ง กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม การดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการตัดไม้ทำลายป่า กิจกรรมดังกล่าวส่งผลให้สมดุลของวัฏจักรคาร์บอนเปลี่ยนแปลงและเกิดการสะสมของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน (Global Warming) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับโลก [1–4]

รายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ระบุว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น และก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ ทรัพยากรน้ำ ความมั่นคงทางอาหาร เศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของประชากรทั่วโลก นอกจากนี้ เหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว (Extreme Weather Events) เช่น คลื่นความร้อน ภัยแล้ง อุทกภัย และพายุรุนแรง ยังมีแนวโน้มเกิดขึ้นถี่และรุนแรงมากขึ้น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นกลไกสำคัญในการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) [1–3]

การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Inventory) และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการระบุแหล่งกำเนิด ติดตาม และบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร โดยแนวทาง The Greenhouse Gas Protocol และมาตรฐาน ISO 14064-1 กำหนดหลักการและกรอบการจำแนกแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น Scope 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง Scope 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากพลังงานที่ซื้อมาใช้ และ Scope 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ตลอดห่วงโซ่คุณค่าขององค์กร [5,6] สำหรับประเทศไทย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้พัฒนาแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เพื่อสนับสนุนให้องค์กรสามารถประเมิน ติดตาม และกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นระบบ [7]

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา สถาบันอุดมศึกษาทั่วโลกได้ให้ความสำคัญกับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เนื่องจากมหาวิทยาลัยเป็นองค์กรที่มีการใช้พลังงานและทรัพยากรในปริมาณสูงจากการดำเนินงานของอาคารเรียน อาคารสำนักงาน ห้องปฏิบัติการ การเดินทาง การจัดซื้อวัสดุ และระบบสาธารณูปโภค งานวิจัยในมหาวิทยาลัยหลายแห่งแสดงให้เห็นว่า การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ช่วยให้สามารถระบุแหล่งปล่อยที่สำคัญ เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน และกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละสถาบันได้ [8–12] ทั้งนี้ วิธีการประเมินอาจครอบคลุมตั้งแต่การใช้ข้อมูลทางการเงิน การประเมินวัฏจักรชีวิต การประเมินบนพื้นฐานการบริโภค ตลอดจนการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐานขององค์กร [8–13]

ผลการศึกษาจากมหาวิทยาลัยในหลายประเทศยังพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียน อาคารสำนักงาน ห้องปฏิบัติการ และระบบปรับอากาศเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากพลังงาน หรือ Scope 2 ขณะที่ความแตกต่างของขอบเขตองค์กร วิธีการคำนวณ จำนวนบุคลากรและนักศึกษา พื้นที่ใช้สอย และลักษณะกิจกรรมของมหาวิทยาลัย ล้วนมีผลต่อค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ประเมินได้ [13–15] ข้อมูลจากการประเมินดังกล่าวสามารถนำมาใช้กำหนดมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน และสนับสนุนการพัฒนาสู่มหาวิทยาลัยคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Campus) ได้อย่างเป็นรูปธรรม [14–16]

สำหรับประเทศไทย การศึกษาด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสถาบันอุดมศึกษายังมีจำนวนค่อนข้างจำกัด อย่างไรก็ตาม มีการประยุกต์ใช้แนวทาง CFO ในมหาวิทยาลัยบางแห่ง เช่น การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยพะเยา และคณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกช่วยสนับสนุนการระบุแหล่งปล่อยที่สำคัญ การวางแผนด้านพลังงาน และการกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถาบันการศึกษาได้ [17,18] นอกจากนี้ การศึกษามาตรการลดคาร์บอนในสถาบันอุดมศึกษาของประเทศไทยยังสะท้อนให้เห็นว่า การปรับรูปแบบการดำเนินงาน การลดการเดินทาง และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ [16]

นอกเหนือจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสถาบันอุดมศึกษาแล้ว การประยุกต์ใช้เครื่องมือด้านการวิเคราะห์การไหลของวัสดุและการประเมินคาร์บอนในประเทศไทยยังครอบคลุมการจัดการทรัพยากรตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการประเมินคาร์บอนแฝงของโครงสร้างพื้นฐาน การศึกษาเกี่ยวกับการไหลของตะกั่วและนิกเกิลในห่วงโซ่อุปทานแบตเตอรี่ช่วยแสดงให้เห็นบทบาทของข้อมูลเชิงปริมาณในการระบุจุดสูญเสียและโอกาสในการหมุนเวียนทรัพยากร [19,20] ขณะที่การประเมินคาร์บอนแฝงของงานถนนและระบบระบายน้ำแสดงให้เห็นความสำคัญของการระบุแหล่งปล่อยที่มีนัยสำคัญเพื่อใช้กำหนดมาตรการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [21] แนวทางเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า การจัดทำฐานข้อมูลที่ตรวจสอบได้เป็นพื้นฐานสำคัญของการบริหารจัดการคาร์บอนและทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียน อาคารสำนักงาน อาคารปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการ และระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการเผยแพร่ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในลักษณะเปรียบเทียบระหว่างปีอย่างเป็นระบบ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าใน

ขอบเขต Scope 2 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 โดยประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามมาตรฐาน ISO 14064-1 และ Greenhouse Gas Protocol [5–7] ผลการศึกษาจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก การวางแผนอนุรักษ์พลังงาน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า และการกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยในอนาคต

การดำเนินงานดังกล่าวยังสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะ SDG 7 ด้านพลังงานสะอาดที่ทุกคนเข้าถึงได้ (Affordable and Clean Energy) SDG 12 ด้านการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน (Responsible Consumption and Production) และ SDG 13 ด้านการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Action) ซึ่งให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อสนับสนุนการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน [2,3,7]

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) หมายถึง กลุ่มก๊าซในชั้นบรรยากาศที่สามารถดูดกลืนและกักเก็บรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลก ก่อนคายพลังงานความร้อนกลับสู่บรรยากาศ ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งเป็นกลไกทางธรรมชาติที่ช่วยรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การผลิตในภาคอุตสาหกรรม การเกษตร และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้เร่งให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง [1–4]

ตามแนวทางของ IPCC และมาตรฐานการรายงานก๊าซเรือนกระจกสากล ก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ภายใต้การรายงานประกอบด้วย 7 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) โดยก๊าซแต่ละชนิดมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) แตกต่างกัน จึงนิยมแปลงให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและประเมินผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [1,5]

2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมของผลิตภัณฑ์ บริการ หรือองค์กร ตลอดวัฏจักรชีวิตหรือภายในขอบเขตที่กำหนด โดยรายงานผล

ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO_2eq) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [5,6]

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือสำคัญในการระบุแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิเคราะห์กิจกรรมที่มีการปล่อยสูง และกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ รวมถึงสถาบันอุดมศึกษา เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการพลังงาน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และการพัฒนาองค์กรสู่ความยั่งยืน [8–16]

2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมทั้งหมดขององค์กรภายในขอบเขตที่กำหนด เช่น การใช้เชื้อเพลิง การใช้พลังงานไฟฟ้า การขนส่ง การจัดการของเสีย การใช้น้ำ และกิจกรรมสนับสนุนอื่น ๆ โดยรายงานผลในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร [5–7]

การประเมิน CFO ตามมาตรฐาน ISO 14064-1 และ The Greenhouse Gas Protocol แบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต (Scope) ได้แก่ Scope **1** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากแหล่งกำเนิดที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือควบคุม Scope 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อมา เช่น พลังงานไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ และ Scope 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่คุณค่าขององค์กร [5–7]

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาศัยข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ร่วมกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เพื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และเป็นพื้นฐานของการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกขององค์กร [5–7]

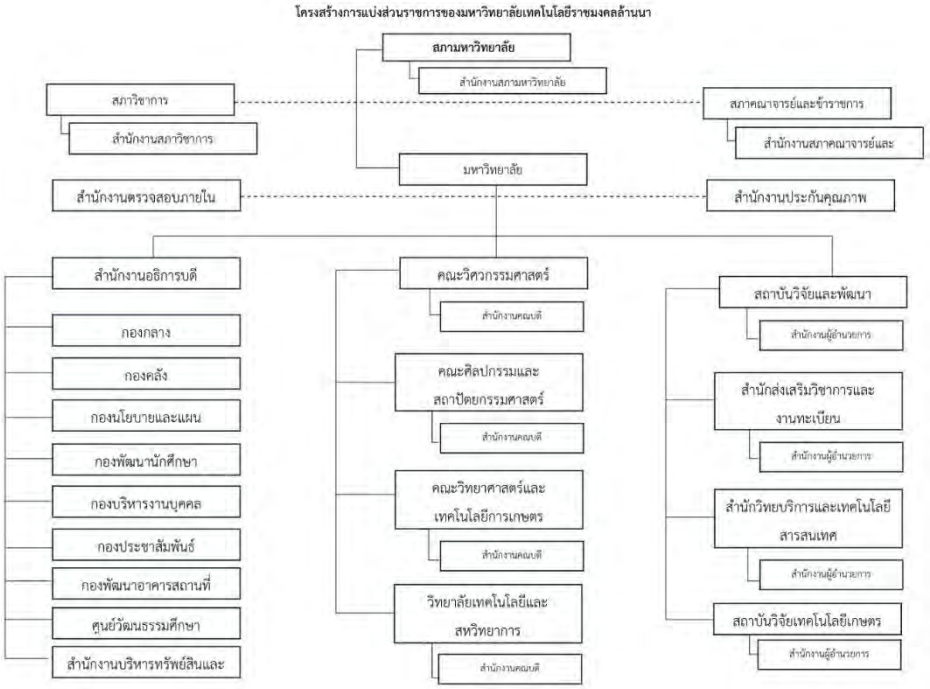
สำหรับสถาบันอุดมศึกษา การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมหาวิทยาลัยเป็นองค์กรที่มีการใช้พลังงานและทรัพยากรจำนวนมาก งานวิจัยทั้งในต่างประเทศและประเทศไทยชี้ให้เห็นว่าการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกช่วยให้สามารถระบุแหล่งกำเนิดการปล่อยที่สำคัญ กำหนดมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ติดตามผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการขับเคลื่อนองค์กรสู่เป้าหมาย Carbon Neutrality และ Net Zero Emissions ได้อย่างเป็นรูปธรรม [8–18]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานขององค์กร

การศึกษาครั้งนี้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ เพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตเชิงองค์กรและระบุแหล่งการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่รวบรวมประกอบด้วยโครงสร้างการบริหาร หน่วยงานภายใน อาคารเรียน อาคารสำนักงาน อาคารปฏิบัติการ อาคารหอพัก และระบบสาธารณูปโภคที่อยู่ภายใต้การบริหารจัดการของมหาวิทยาลัย รวมถึงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเอกสารที่สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้

ข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้ประกอบการกำหนดขอบเขตการประเมิน การตรวจสอบความครอบคลุมของจุดใช้ไฟฟ้า และการระบุหน่วยงานหรืออาคารที่อยู่ภายใต้การควบคุมของมหาวิทยาลัย เพื่อให้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความครบถ้วนและสอดคล้องกับขอบเขตของการศึกษา เพื่อแสดงขอบเขตของหน่วยงานที่อยู่ภายใต้การบริหารจัดการและใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดขอบเขตเชิงองค์กรสำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า โครงสร้างองค์กรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างองค์กร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

3.2 การกำหนดขอบเขตการศึกษา

3.2.1 ขอบเขตเชิงองค์กร (Organizational Boundary)

การศึกษาครั้งนี้กำหนดขอบเขตเชิงองค์กรโดยใช้แนวทางการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control Approach) ครอบคลุมพื้นที่และกิจกรรมภายใต้การบริหารจัดการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ได้แก่ อาคารเรียน อาคารสำนักงาน อาคารปฏิบัติการ อาคารหอพัก และระบบสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่มหาวิทยาลัยมีอำนาจควบคุมการดำเนินงานและสามารถรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างครบถ้วนและตรวจสอบย้อนกลับได้ ส่วนกิจกรรมหรือพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของมหาวิทยาลัยไม่นำมารวมในการประเมินครั้งนี้

3.2.2 ขอบเขตเชิงกิจกรรม (Operational Boundary)

การกำหนดขอบเขตเชิงกิจกรรมอ้างอิงมาตรฐาน ISO 14064-1 แนวทาง The Greenhouse Gas Protocol และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งจำแนกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ Scope 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากแหล่งกำเนิดที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือควบคุม Scope 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากพลังงานที่ซื้อมาใช้ และ Scope 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่คุณค่าขององค์กร [5–7]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ประเมินเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอก หรือ Scope 2 เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีข้อมูลต่อเนื่อง สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ และเป็นแหล่งการใช้พลังงานที่สำคัญของมหาวิทยาลัย ผลการประเมินจึงสะท้อนเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และไม่ใช่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดขององค์กร

โดยการศึกษาการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในครั้งนี้ จะเก็บข้อมูลเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (เชียงใหม่)

3.3 การเก็บรวบรวมและตรวจสอบข้อมูล

ข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษาคือปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ โดยรวบรวมจากใบแจ้งค่าไฟฟ้า เอกสารการเบิกจ่าย และเอกสารทางการเงินของมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นหลักฐานที่สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ ข้อมูลประกอบด้วยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน หน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง ครอบคลุมปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567

ภายหลังการรวบรวม ได้ตรวจสอบความครบถ้วนของเดือนที่มีการใช้ไฟฟ้า ความสอดคล้องระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้ากับเอกสารค่าใช้จ่าย รวมทั้งตรวจสอบข้อมูลที่อาจซ้ำซ้อนหรือผิดปกติ ก่อนจัดทำฐานข้อมูลรายเดือนและรายปีสำหรับการวิเคราะห์ การดำเนินงานดังกล่าวช่วยลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการประเมินตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [7]

ตารางที่ 1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขตการปล่อย

ขอบเขตการปล่อย	รายการ	หน่วยการเก็บข้อมูล
ประเภทที่ 1	1. การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)	
	การใช้น้ำมันสำหรับงานอาคาร	
	Diesel (Generator)	ลิตร
	Diesel (Fire pump)	ลิตร
	2. การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion)	
	การใช้น้ำมันสำหรับการเดินทาง (รถตู้ รถมอเตอร์ไซค์)	
	น้ำมัน Diesel	ลิตร
	น้ำมัน Gasohol 91, E20, E85	ลิตร
	น้ำมัน Gasohol 95	ลิตร
	3. การใช้สารดับเพลิง (CO_2)	kgCO_2
	4. การใช้สารทำความเย็นชนิด R134a	HFC-134a
	5. การใช้สารทำความเย็นชนิด R32	HFC-32
	6. การใช้ LPG	kg
ประเภทที่ 2	1. การใช้พลังงานไฟฟ้า	kWh
ประเภทที่ 3	1. การใช้กระดาษ A4 และ A3 (สีขาว)	kg
	2. ขยะของเสีย (ฝังกลบ)	kg

3.4 การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดำเนินการตามหลักการของมาตรฐาน ISO 14064-1 แนวทาง The Greenhouse Gas Protocol และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [5–7] ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าคำนวณจากผลคูณระหว่างข้อมูลกิจกรรมและค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังสมการที่ (1)

$$CO_2eq = \text{Activity data} \times \text{Emission factors} \quad (1)$$

โดยที่ CO_2eq คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยกิโลกรัมหรือคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2e หรือ tCO_2e), Activity Data คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่รวบรวมจากใบแจ้งค่าไฟฟ้า มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) และ Emission Factor คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ

พลังงานไฟฟ้า ซึ่งใช้สำหรับแปลงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ($kgCO_2e/kWh$)

ผลการคำนวณในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าถูกแปลงเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยหารด้วย 1,000 จากนั้นจึงวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายเดือนและรายปี รวมทั้งเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 โดยคำนวณร้อยละการเปลี่ยนแปลงตามสมการที่ (2)

$$\text{การเปลี่ยนแปลง } (\%) = \frac{V_{2567} - V_{2566}}{V_{2566}} \times 100 \qquad (2)$$

โดยที่ V_{2566} และ V_{2567} คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์นำเสนอในรูปของตารางและกราฟ เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และความแตกต่างระหว่างปี ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยต่อไป

4. ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาใช้ หรือ Scope 2 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ประจำปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบไฟฟ้า ผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผลการรวบรวมข้อมูลและการคำนวณตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร พบว่า ในปี พ.ศ. 2566 มหาวิทยาลัยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,247,189.00 kWh และก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1,542,414.78 $kgCO_2e$ ขณะที่ในปี พ.ศ. 2567 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 4,750,000.00 kWh และก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2,254,637.70 $kgCO_2e$ ดังแสดงในตารางที่ 2

4.2 การเปรียบเทียบผลระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567

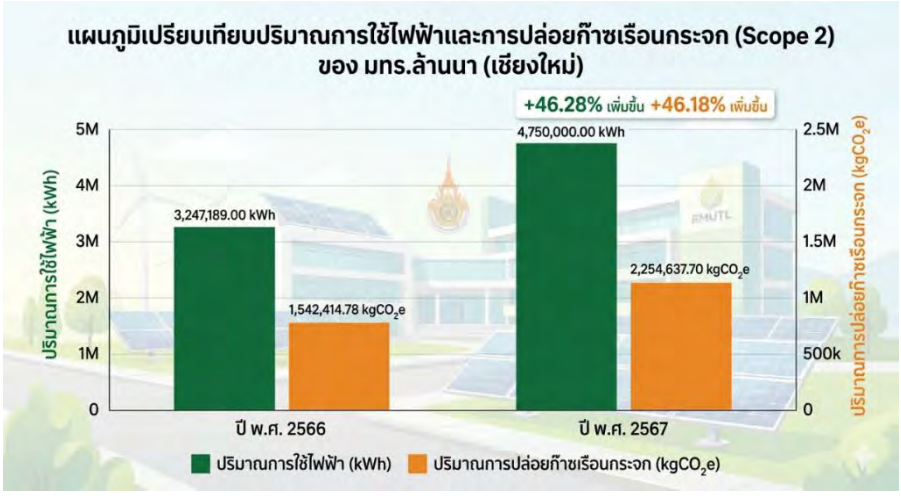
เมื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานระหว่างสองปี พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2567 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2566 จำนวน 1,502,811.00 kWh หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.28 ขณะเดียวกัน ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจำนวน 712,222.92 $kgCO_2e$ จาก 1,542,414.78 $kgCO_2e$ ในปี พ.ศ. 2566 เป็น 2,254,637.70 $kgCO_2e$ ในปี พ.ศ. 2567 คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.18

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย โดยเมื่อการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมใน Scope 2 ก็เพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากการคำนวณอาจใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละปี

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567

ปี พ.ศ.	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2e$)
2566	3,247,189.00	1,542,414.78
2567	4,750,000.00	2,254,637.70
ผลต่าง	1,502,811.00	712,222.92
การเปลี่ยนแปลง (%)	46.28	46.18

เพื่อให้เห็นความแตกต่างของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 อย่างชัดเจน ผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน ปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567

จากรูปที่ 2 สามารถสังเกตได้ว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างสอดคล้องกัน โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.28 ขณะที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.18 แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Scope 2) ของมหาวิทยาลัย และข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Scope 2) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 โดยประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ตามมาตรฐาน ISO 14064-1 และ The Greenhouse Gas Protocol ร่วมกับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากใบแจ้งค่าไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.28 และ 46.18 ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัย และชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการยกระดับการบริหารจัดการพลังงานและการกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเป็นระบบ

ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน Scope 2 มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย เนื่องจากการคำนวณอาศัยปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นข้อมูลกิจกรรมหลักร่วมกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบไฟฟ้า แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของมหาวิทยาลัยในหลายประเทศ ซึ่งพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียน อาคารสำนักงาน ห้องปฏิบัติการ และระบบปรับอากาศเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมของสถาบันอุดมศึกษา [8–15] รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของมหาวิทยาลัยในประเทศไทยที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้พลังงานและกิจกรรมภายในองค์กรเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสถาบันการศึกษา [16–18]

การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2567 อาจเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้อาคารและห้องปฏิบัติการ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือทางวิชาการ ตลอดจนความต้องการใช้ระบบปรับอากาศที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้รวบรวมข้อมูลด้านจำนวนผู้ใช้อาคาร ชั่วโมงการใช้งาน พื้นที่ใช้สอย ภาระการทำความเย็น หรือสภาพภูมิอากาศรายปีโดยตรง ดังนั้น ปัจจัยดังกล่าวควรพิจารณาเป็นข้อสันนิษฐานเบื้องต้น และควรมีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมเพื่อยืนยันสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างชัดเจน

ผลการประเมินยังแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการยกระดับระบบบริหารจัดการพลังงานของมหาวิทยาลัย โดยควรดำเนินการทั้งในระดับนโยบายและระดับปฏิบัติการ เช่น การจัดทำฐานข้อมูลการใช้

ไฟฟ้ารายอาคาร การติดตั้งระบบตรวจวัดพลังงาน การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้า การกำหนดมาตรการใช้งานอาคารอย่างเหมาะสม การส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงาน และการพิจารณาใช้พลังงานหมุนเวียนภายในมหาวิทยาลัย มาตรการดังกล่าวจะช่วยให้สามารถระบุแหล่งใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญและกำหนดแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตรงจุดมากขึ้น

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลฐานสำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัย การติดตามแนวโน้มการใช้พลังงาน การกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการประเมินผลของมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอนาคต อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครอบคลุมเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าใน Scope 2 จึงยังไม่สามารถใช้แทนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดขององค์กรได้ การประเมินในระยะต่อไปควรขยายขอบเขตให้ครอบคลุม Scope 1 และ Scope 3 รวมทั้งพิจารณาตัวชี้วัดเชิงความเข้ม เช่น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนักศึกษา ต่อบุคลากร หรือต่อพื้นที่ใช้สอย เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการดำเนินงานระหว่างปีและระหว่างสถาบันได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น [11,14,15]

โดยสรุป การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมของมหาวิทยาลัยเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ผลการศึกษาจึงชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบและการกำหนดมาตรการลดการใช้ไฟฟ้าที่สามารถติดตามผลได้ การดำเนินงานดังกล่าวจะช่วยสนับสนุนการขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ตลอดจนสอดคล้องกับ SDG 7 ด้านพลังงานสะอาดที่ทุกคนเข้าถึงได้ SDG 12 ด้านการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน และ SDG 13 ด้านการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณทุกหน่วยงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

[2] United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Emissions Gap Report 2024: No more hot air … please!* United Nations Environment Programme. https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024

[3] World Meteorological Organization (WMO). (2024). *State of the global climate 2023*. World Meteorological Organization. https: / / wmo. int/ publication- series/ state- of- global-climate/state-of-global-climate-2023

[4] รัตนสุดา ชลธาตุ. (2558). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแนวทางการแก้ไขปัญหา. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 18*, 416–429.

[5] World Resources Institute (WRI), & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A corporate accounting and reporting standard* (Rev. ed.). World Resources Institute. https://ghgprotocol.org/corporate-standard

[6] International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases—Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/66453.html

[7] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO)*. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

[8] Alvarez, S., Blanquer, M., & Rubio, A. (2014). Carbon footprint using the Compound Method based on Financial Accounts: The case of the School of Forestry Engineering, Technical University of Madrid. *Journal of Cleaner Production, 66*, 224– 232. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.050

[9] Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. G. (2013). Investigating the carbon footprint of a university: The case of NTNU. *Journal of Cleaner Production, 48*, 39–47. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.007

[10] Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. (2013). Measuring carbon performance in a UK university through a consumption- based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production, 56*, 185– 198. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.028

[11] Lo-Iacono-Ferreira, V. G., Torregrosa-López, J. I., & Capuz-Rizo, S. F. (2016). Use of Life Cycle Assessment methodology in the analysis of ecological footprint and carbon footprint of universities. *Journal of Cleaner Production, 133*, 43– 52. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.026

[12] Robinson, O. J., Tewkesbury, A., Kemp, S., & Williams, I. D. (2018). Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production, 172*, 4435–4455. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.147

[13] Clabeaux, R., Carbajales-Dale, M., Ladner, D., & Walker, T. (2020). Assessing the carbon footprint of a university campus using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production, 273*, Article 122600. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122600

[14] Helmers, E., Chang, C. C., & Dauwels, J. (2021). Carbon footprinting of universities worldwide: Part I— Objective comparison by standardized metrics. *Environmental Sciences Europe, 33*, Article 30. https://doi.org/10.1186/s12302-021-00454-6

[15] Cano, N., Berrio, L., Carvajal, E., & Arango, S. (2023). Assessing the carbon footprint of a Colombian university campus using the UNE-ISO 14064-1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(2), 3980–3996. https://doi.org/10.1007/s11356-022-22119-4

[16] Prasara-A, J., Bridhikitti, A., Srinon, M., Thuayjan, T., Ragsasilp, A., & Silalertruksa, T. (2024). Carbon footprint reduction measures for a higher educational institution: Lessons learned from COVID- 19 pandemic. *Chemical Engineering Transactions, 111*, 667– 672. https://doi.org/10.3303/CET24111112

[17] Suchattrakun, W., Chitapornpan, S., Kreetachat, N., Sedpho, S., & Pragot, W. (2025). Organizational carbon footprint: A case study of the University of Phayao. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science, 18*(1), 51–60.

[18] Suksatit, P., Pe-a-run, S., Rachderm, C., Krongkehung, W., & Jarusutthirak, C. (2025). Assessing carbon footprint for organization (CFO): Case study of the Faculty of Environment, KU. *EnvironmentAsia, 18*(Special Issue) , 143– 154. https://doi.org/10.14456/ea.2025.30

[19] Suriyanon, W., Jakrawatana, N., & Suriyanon, N. (2020). Material flow analysis of lead in lead acid batteries supply chain toward circular economy. *Thai Environmental Engineering Journal, 34*(2), 37–47.

[20] Suriyanon, W., Jakrawatana, N., & Suriyanon, N. (2022). Material flow of nickel in nickel metal hydride batteries waste and possible circularity improvement in Thailand. *Clean Technologies and Environmental Policy, 24*, 2937–2951. https://doi.org/10.1007/s10098-022-02354-6

[21] Suriyanon, N., Suriyanon, N., Suriyanon, W., Doungsoma, T., & Jenvorapoj, K. (2026). Embodied carbon assessment of asphalt concrete roads and integrated drainage systems in Thai housing estates: A case study. *Environmental Research Communications, 8*(4), Article 045022. https://doi.org/10.1088/2515-7620/ae56da

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

นคร สุริยานนท์ [1], วนิดา สุริยานนท์ [1*], พิมพ์ชนก ลุงแก้ว [1], วิชญาดา วุฒิสินธุ์ [1], มนัสวิน พระทองคำ [1], อดิศร โอดศรี [2], ปวียา รักนิ่ม [2]

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*ผู้เขียนที่รับผิดชอบการติดต่อ: wanidaenv@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ และประเมินคุณภาพของคู่มือที่พัฒนาขึ้น การวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ คู่มือการคัดแยกขยะ และแบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า คู่มือที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาครอบคลุมการจำแนกประเภทขยะ หลักการ 3Rs การจัดการขยะอินทรีย์ และแนวทางการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย มีค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาเท่ากับ 1.00 และมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.10) ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นว่าคู่มือมีความเหมาะสมและมีความพร้อมสำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการคัดแยกขยะ เพื่อสร้างความตระหนักในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณขยะ และสนับสนุนการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียวอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การคัดแยกขยะ, คู่มือการคัดแยกขยะ, การจัดการขยะอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยสีเขียว, การวิจัยและพัฒนา

Development of a Waste Separation Manual to Promote Sustainable Waste Management at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai

Nakorn Suriyanon[1], Wanida Suriyanon[1]*, Pimchanok Lungkaew[1], Vichayada Wuttisin [1], Manutsawin Prathongkharm[1], Adisorn Ode-sri[2], and Paweeya Raknim[2]

[1] Bachelor of Engineering Program in Environmental Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai 50300, Thailand

[2] College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, 98 Moo 8, Pa Pong Subdistrict, Doi Saket District, Chiang Mai 50220, Thailand

*Corresponding author: wanidaenv@rmutl.ac.th

Abstract

This research aimed to develop a waste separation manual to promote sustainable waste management at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, and to evaluate the quality of the developed manual. The study employed a Research and Development (R&D) approach based on the ADDIE instructional design model, which consists of five phases: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The research instruments included the waste separation manual and an expert evaluation form. The manual was evaluated by three experts, and the data were analyzed using the Index of Item–Objective Congruence (IOC), mean, and standard deviation. The results revealed that the developed manual covered waste classification, the 3Rs principles, organic waste management, and waste management practices within the university. The content validity of the manual was excellent (IOC = 1.00), and its overall quality was rated at the highest level ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.10). Based on the expert evaluation, the developed manual was considered appropriate and ready for implementation as a learning resource to promote waste separation, raise awareness of efficient resource utilization, reduce waste generation, and support the development of a sustainable Green University.

Keywords: Waste Separation, Waste Separation Manual, Sustainable Waste Management, Green University, Research and Development

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตอย่างต่อเนื่อง [1,2] หนึ่งในแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการนำขยะอินทรีย์ไปฝังกลบ ซึ่งก่อให้เกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า [3] ดังนั้น การคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดจึงเป็นมาตรการสำคัญในการลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด เพิ่มประสิทธิภาพในการนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์ และสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เพื่อการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน [4–6]

มหาวิทยาลัยเป็นองค์กรที่มีภารกิจด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ ส่งผลให้เกิดขยะมูลฝอยหลากหลายประเภท ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย แม้ว่าหลายสถาบันจะมีการจัดวางถังขยะแยกประเภทและกำหนดมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว แต่ยังพบว่าการคัดแยกขยะของนักศึกษาและบุคลากรยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากขาดความรู้ ความเข้าใจ และแนวปฏิบัติที่ชัดเจน ส่งผลให้ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ถูกทิ้งปะปนกับขยะทั่วไป ทำให้ประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะลดลง เพิ่มภาระในการรวบรวม ขนส่ง และกำจัดขยะ ตลอดจนลดโอกาสในการนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์ [4,6]

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบคู่มือเป็นแนวทางที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจ และการสร้างความตระหนักด้านการจัดการขยะ โดยสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทขยะ หลักการ 3Rs (Reduce, Reuse และ Recycle) การจัดการขยะอินทรีย์ และแนวปฏิบัติที่เหมาะสมในการคัดแยกขยะได้อย่างเป็นระบบ [5,7] ผลการศึกษาหลายงานวิจัยพบว่า การใช้คู่มือฝึกอบรมร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยเพิ่มความรู้ ความเข้าใจ และส่งเสริมพฤติกรรมการจัดการขยะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [8–10] นอกจากนี้ การออกแบบสื่อการเรียนรู้ด้วยอินโฟกราฟิกและสื่อที่เข้าใจง่ายยังช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการคัดแยกขยะและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิผล [11] ขณะที่การพัฒนาคู่มือที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้และการสร้างความตระหนักด้านการจัดการขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด สามารถสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน [12,13] แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) และ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 12 (Sustainable Development Goal 12: Responsible Consumption and Production) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การลดการเกิดของเสีย และการส่งเสริมการรีไซเคิล [7,14,15]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิผลของการฝึกอบรม การใช้สื่อการเรียนรู้ หรือการประเมินพฤติกรรมการคัดแยกขยะของกลุ่มเป้าหมาย ขณะที่การศึกษาที่มุ่งพัฒนาคู่มือ

การคัดแยกขยะซึ่งบูรณาการองค์ความรู้ด้านการจัดการขยะ หลักการ 3Rs แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และการออกแบบสื่อการเรียนรู้ พร้อมทั้งผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของสถาบันอุดมศึกษา ยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ และประเมินคุณภาพของคู่มือที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับนักศึกษาและบุคลากรในการคัดแยกขยะอย่างถูกต้อง อันจะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการพัฒนามหาวิทยาลัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวอย่างยั่งยืน [7,14,15]

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการขยะมูลฝอยและการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด

การจัดการขยะมูลฝอย (Solid Waste Management) เป็นกระบวนการที่ครอบคลุมตั้งแต่การป้องกันและลดการเกิดขยะ การคัดแยก การเก็บรวบรวม การขนส่ง การนำกลับมาใช้ประโยชน์ การรีไซเคิล การแปรรูป และการกำจัดขั้นสุดท้ายอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม [2,4,6] การจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน แต่ยังช่วยลดต้นทุนในการจัดการของเสีย เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร และสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาอย่างยั่งยืน [5,7,16,17]

การคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source Separation) ถือเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของระบบการจัดการขยะ เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการนำวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ หากขยะได้รับการคัดแยกอย่างถูกต้องตั้งแต่ต้นทาง จะช่วยลดการปนเปื้อนของวัสดุรีไซเคิล เพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ ลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการรีไซเคิลและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ [5,6,16] สำหรับสถาบันการศึกษา การคัดแยกขยะมีความสำคัญเป็นพิเศษ เนื่องจากมหาวิทยาลัยเป็นพื้นที่ที่มีประชากรจำนวนมากและมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดขยะหลายประเภท ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย การมีระบบการคัดแยกขยะที่มีประสิทธิภาพจึงช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย และสร้างวัฒนธรรมด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่นักศึกษาและบุคลากร

2.2 หลักการ 3Rs และแนวคิด Zero Waste

หลักการ 3Rs ประกอบด้วย การลดการใช้ (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานของการจัดการขยะอย่างยั่งยืนที่ได้รับการยอมรับและประยุกต์ใช้ในหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากมุ่งเน้นการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดการเกิดของเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด [5,7]

การลดการใช้ (Reduce) เป็นการลดการเกิดขยะตั้งแต่ต้นทางผ่านการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการหลีกเลี่ยงวัสดุแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง การใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ยังมีสภาพดี เพื่อลดการใช้ทรัพยากรใหม่ ส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นการนำวัสดุที่ผ่านการคัดแยกเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลเพื่อผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [5,6,17]

แนวคิด Zero Waste เป็นการต่อยอดจากหลักการ 3Rs โดยมุ่งลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุดผ่านการออกแบบระบบการผลิตและการบริโภคที่ใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมการหมุนเวียนทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง และลดการพึ่งพาการกำจัดขยะด้วยการฝังกลบหรือการเผา แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับเศรษฐกิจหมุนเวียนและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะเป้าหมายด้านการผลิตและการบริโภคอย่างรับผิดชอบ (SDG 12) [5,7,17]

2.3 แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และมหาวิทยาลัยสีเขียว

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นแนวคิดที่มุ่งรักษาคุณค่าของทรัพยากร วัสดุ และพลังงานให้อยู่ในระบบเศรษฐกิจให้นานที่สุด ผ่านการลดการใช้ทรัพยากรใหม่ การนำวัสดุกลับมาใช้ซ้ำ การซ่อมแซม การรีไซเคิล และการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ [5] แนวคิดดังกล่าวได้รับการยอมรับว่าเป็นกลไกสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน [1,7]

สำหรับสถาบันการศึกษา แนวคิดมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) มุ่งเน้นการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน ครอบคลุมการจัดการพลังงาน น้ำ การคมนาคม พื้นที่สีเขียว และการจัดการขยะมูลฝอย โดยระบบการจัดอันดับ UI GreenMetric World University Rankings ได้กำหนดให้การจัดการขยะเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดสำคัญของการพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน [14,15] การคัดแยกขยะที่มีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด ลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบ เพิ่มการนำวัสดุกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล และสนับสนุนการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัย [3,5]

2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้และการพัฒนาสื่อการเรียนรู้

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรอาศัยหลักการออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ และเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างยั่งยืน [18–20]

หนึ่งในรูปแบบที่ได้รับความนิยมคือโมเดล ADDIE ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การนำไปใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) โดยเป็นกระบวนการที่สามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนาคู่มือ สื่อการเรียนรู้ และสื่อประชาสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [19]

นอกจากนี้ Mayer [21] ได้อธิบายไว้ในทฤษฎี Multimedia Learning ว่า การนำเสนอข้อมูลด้วยข้อความร่วมกับภาพประกอบ แผนภาพ สี และสัญลักษณ์ที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ความเข้าใจ และการจดจำของผู้เรียนได้ดีกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว ขณะที่ Reigeluth และ Carr-Chellman [22] เสนอว่าการออกแบบการเรียนรู้ควรคำนึงถึงบริบทของผู้เรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นสำคัญ ดังนั้น การออกแบบคู่มือที่มีเนื้อหากระชับ เข้าใจง่าย และใช้ภาพประกอบที่เหมาะสม จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง

2.5 การพัฒนาคู่มือเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการคัดแยกขยะ

การส่งเสริมพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพควบคู่กับการสร้างความตระหนักรู้ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง [6,22] คู่มือการคัดแยกขยะจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับประเภทของขยะ หลักการคัดแยก และแนวทางการจัดการขยะที่ถูกต้อง

ผลการศึกษาของคุรุโคตร และคณะ [8] วงศ์จันทรา และคณะ [9] และเวียงสมุทร และคณะ [10] พบว่าคู่มือและกิจกรรมฝึกอบรมสามารถเพิ่มความรู้ ความเข้าใจ และพฤติกรรมด้านการจัดการขยะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Leeabai และคณะ [11] รายงานว่า การออกแบบอินโฟกราฟิกที่เหมาะสมสามารถช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการคัดแยกขยะและการนำความรู้ไปใช้จริงได้ ส่วนภูผา [12] และ Phothisawang และคณะ [13] ชี้ให้เห็นว่าคู่มือที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการสร้างความตระหนักรู้สามารถสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้

ดังนั้น การพัฒนาคู่มือที่มีเนื้อหาถูกต้องตามหลักวิชาการ มีโครงสร้างที่ชัดเจน เข้าใจง่าย และใช้ภาพประกอบที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักศึกษาและบุคลากรในการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิด ลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด เพิ่มการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และสนับสนุนการพัฒนามหาวิทยาลัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวและสังคมคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน [5,7,11,14]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ และประเมินคุณภาพของคู่มือที่พัฒนาขึ้น โดยประยุกต์ใช้รูปแบบการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE Model ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การนำไปใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) [19] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะตามแนวคิด ADDIE

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ และประเมินคุณภาพของคู่มือที่พัฒนาขึ้น โดยประยุกต์ใช้รูปแบบการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE Model ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การนำไปใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) [19]

3.1 การวิเคราะห์ (Analysis)

ดำเนินการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ โดยศึกษาจากเอกสาร งานวิจัย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะ การคัดแยกขยะ หลักการ 3Rs แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) รวมทั้งสำรวจประเภทของขยะและแนวทางการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ และกำหนดขอบเขตของเนื้อหาคู่มือ ผลการวิเคราะห์พบว่าขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัยสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย โดยยังพบปัญหาการคัดแยกขยะที่ไม่ถูกต้องอันเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการจำแนกประเภทของขยะและการขาดสื่อประชาสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพ จึงนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาคู่มือ

3.2 การออกแบบ (Design)

ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบโครงสร้าง เนื้อหา และรูปแบบของคู่มือ โดยกำหนดหัวข้อให้ครอบคลุมองค์ความรู้ที่จำเป็นสำหรับการคัดแยกขยะภายในมหาวิทยาลัย ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับขยะมูลฝอย การจำแนกประเภทขยะ หลักการ 3Rs การจัดการขยะอินทรีย์ การนำขยะรีไซเคิลกลับมาใช้ประโยชน์ และแนวทางการคัดแยกขยะภายในมหาวิทยาลัย การออกแบบสื่อมุ่งเน้นให้มีความถูกต้อง เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้ข้อความที่กระชับ ภาพประกอบ อินโฟกราฟิก สี และสัญลักษณ์ที่สอดคล้องกับประเภทของขยะ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและการนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

3.3 การพัฒนา (Development)

ดำเนินการจัดทำต้นแบบคู่มือการคัดแยกขยะตามโครงสร้างและเนื้อหาที่กำหนด พร้อมจัดทำภาพประกอบและออกแบบรูปเล่มให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย จากนั้นนำคู่มือไปตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและด้านการออกแบบสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) พร้อมทั้งพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของรูปแบบและความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ก่อนนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงและจัดทำคู่มือฉบับสมบูรณ์

3.4 การนำไปใช้ (Implementation)

ดำเนินการจัดทำคู่มือการคัดแยกขยะฉบับสมบูรณ์และเตรียมความพร้อมสำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการคัดแยกขยะสำหรับนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทขยะ แนวทางการคัดแยกขยะ และการจัดการขยะที่ถูกต้อง รวมทั้งใช้เป็นสื่อประกอบการประชาสัมพันธ์และการรณรงค์ด้านการจัดการขยะของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินคุณภาพของคู่มือจากผู้เชี่ยวชาญ จึงยังไม่ได้ดำเนินการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง

3.5 การประเมินผล (Evaluation)

ดำเนินการประเมินคุณภาพของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความถูกต้องของเนื้อหา (2) ความเหมาะสมของรูปแบบ (3) ความสวยงามและการออกแบบสื่อ และ (4) ประโยชน์ในการนำไปใช้ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินเป็นแบบประเมินมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (5-point Rating Scale) เพื่อนำผลการประเมินไปวิเคราะห์คุณภาพของคู่มือและปรับปรุงก่อนนำไปเผยแพร่

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

วิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของเนื้อหาภายในคู่มือ โดยกำหนดให้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่าสามารถนำไปใช้ได้

2) การวิเคราะห์คุณภาพของคู่มือ

วิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เพื่ออธิบายระดับคุณภาพและความเหมาะสมของคู่มือที่พัฒนาขึ้น พร้อมแปลผลตามเกณฑ์การประเมินแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืน

ผลการวิจัยสามารถพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนสำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ได้สำเร็จ โดยคู่มือได้รับการออกแบบให้ครอบคลุมองค์ความรู้ที่จำเป็นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการขยะ การจำแนกประเภทขยะ หลักการ 3Rs การจัดการขยะอินทรีย์โดยการผลิตปุ๋ยหมัก การจัดการขยะรีไซเคิล และแนวทางการคัดแยกขยะที่เหมาะสมภายในมหาวิทยาลัย

การออกแบบคู่มือมุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ง่าย โดยใช้ข้อความที่กระชับร่วมกับภาพประกอบ อินโฟกราฟิก สี และสัญลักษณ์ที่สอดคล้องกับประเภทของขยะ เพื่อช่วยให้สามารถจำแนกประเภทของขยะได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักศึกษาและบุคลากรในการจัดการขยะอย่างยั่งยืน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าสำคัญของคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืน

4.2 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของคู่มือ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า เนื้อหา ภาพประกอบ และองค์ประกอบของคู่มือมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยทุกประเด็น โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) เท่ากับ **1.00** ในทุกรายการประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	**IOC**
ความถูกต้องของเนื้อหา	1.00
ความเหมาะสมของเนื้อหา	1.00
ความครบถ้วนของเนื้อหา	1.00
ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1.00
ค่าเฉลี่ย	**1.00**

ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าคู่มือมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับสูง สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพและทดลองใช้ในขั้นตอนถัดไปได้

4.3 ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือ

ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า คู่มือมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.10) โดยทุกด้านได้รับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านเนื้อหา ($\bar{x}$ = 5.00, S.D. = 0.00) ด้านรูปแบบการนำเสนอ ($\bar{x}$ = 4.89, S.D. = 0.19) ด้านภาพประกอบ ($\bar{x}$ = 4.78, S.D. = 0.19) และด้านการนำไปใช้ ($\bar{x}$ = 5.00, S.D. = 0.00) ดังแสดงในตารางที่ 2

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงการจัดวางข้อความและภาพประกอบบางส่วน เพื่อเพิ่มความชัดเจนและความสะดวกในการสื่อสาร ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาปรับปรุงก่อนจัดทำคู่มือฉบับสมบูรณ์ ส่งผลให้คู่มือมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอ และมีความพร้อมสำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการคัดแยกขยะภายในมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของคู่มือ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
ด้านเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
ด้านรูปแบบ	4.89	0.19	มากที่สุด
ด้านภาพประกอบ	4.78	0.19	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	4.92	0.10	มากที่สุด

จากผลการประเมินข้างต้น สรุปได้ว่าคู่มือการคัดแยกขยะที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของรูปแบบ ความชัดเจนของสื่อ และประโยชน์ในการนำไปใช้ จึงมีความเหมาะสมและความพร้อมสำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการรณรงค์ด้านการคัดแยกขยะภายในมหาวิทยาลัย รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ในหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาอื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกันได้

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการคัดแยกขยะเพื่อส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนสำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ และประเมินคุณภาพของคู่มือที่พัฒนาขึ้น โดยประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE Model ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การนำไปใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) [19] ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาคู่มือที่มีโครงสร้าง เนื้อหา และรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมกับบริบทของมหาวิทยาลัย และสอดคล้องกับหลักการ

ออกแบบการเรียนการสอนและการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ของ Gagné และคณะ [18] Branch [19] Dick และคณะ [20] Mayer [21] และ Reigeluth และ Carr-Chellman [22]

คู่มือที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมองค์ความรู้ที่จำเป็นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย การจำแนกประเภทขยะ หลักการ 3Rs การจัดการขยะอินทรีย์ การนำวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ และแนวทางการคัดแยกขยะภายในมหาวิทยาลัย โดยออกแบบให้ใช้ข้อความที่กระชับ ภาพประกอบ อินโฟกราฟิก และสัญลักษณ์สีที่สอดคล้องกับประเภทของขยะ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยสื่อหลายรูปแบบ (Multimedia Learning Theory) ที่ระบุว่าการผสมผสานข้อความกับสื่อภาพอย่างเหมาะสมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ความเข้าใจ และการจดจำของผู้เรียน [21] รวมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการพัฒนาสื่ออย่างเป็นระบบ [18–20,22]

ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาพบว่า คู่มือมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ 1.00 ในทุกรายการประเมิน แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาและองค์ประกอบของคู่มือมีความถูกต้อง ครบถ้วน และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขณะที่ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.92, S.D. = 0.10) สะท้อนว่าคู่มือมีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอ ภาพประกอบ และประโยชน์ในการนำไปใช้ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของคุรุโคตร และคณะ [8] วงศ์จันทรา และคณะ [9] เวียงสมุทร และคณะ [10] ภูผา [12] และ Phothisawang และคณะ [13] ซึ่งรายงานตรงกันว่า คู่มือและสื่อการเรียนรู้ด้านการจัดการขยะที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มความรู้ ความเข้าใจ และส่งเสริมพฤติกรรมการคัดแยกขยะของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดการเกิดของเสีย และการหมุนเวียนทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์ [5] รวมทั้งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการขยะของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) ที่ให้ความสำคัญกับการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด การรีไซเคิล และการสร้างการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการจัดการขยะอย่างยั่งยืน [6,16,17] ตลอดจนสอดคล้องกับนโยบายการจัดการขยะของประเทศไทยที่มุ่งเน้นการลดปริมาณขยะตั้งแต่ต้นทางและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร [4]

ในด้านการประยุกต์ใช้ ผลการวิจัยสนับสนุนการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 12 ว่าด้วยการผลิตและการบริโภคที่รับผิดชอบ ซึ่งมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การลดการเกิดของเสีย และการส่งเสริมการรีไซเคิล [7] อีกทั้งยังสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินมหาวิทยาลัยสีเขียว (UI GreenMetric World University Rankings) ที่กำหนดให้การจัดการของเสีย การสร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม และการมีส่วนร่วมของนักศึกษาและบุคลากรเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน [14,15]

โดยสรุป คู่มือการคัดแยกขยะที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด มีความถูกต้องของเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม และมีความพร้อมสำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการคัดแยกขยะภายในมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินคุณภาพของคู่มือจากผู้เชี่ยวชาญ จึงควรมีการศึกษาประสิทธิผลของการนำคู่มือไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริงในอนาคต เพื่อประเมินผลด้านความรู้ ทัศนคติ พฤติกรรม และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน อันจะเป็นข้อมูลสนับสนุนการประยุกต์ใช้คู่มือในระดับมหาวิทยาลัยและองค์กรอื่นต่อไป [5,7,14,15]

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำคู่มือการคัดแยกขยะที่พัฒนาขึ้นไปใช้เป็นสื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการรณรงค์ด้านการจัดการขยะสำหรับนักศึกษา บุคลากร และผู้ใช้พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจ และส่งเสริมการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิดอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง

2. ควรบูรณาการการใช้คู่มือร่วมกับกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย เช่น โครงการธนาคารขยะ การจัดการขยะอินทรีย์ การรีไซเคิล และกิจกรรมมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) เพื่อเพิ่มการมีส่วนร่วมและยกระดับประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย

3. ควรพัฒนาคู่มือให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล เช่น e-Book เว็บไซต์ แอปพลิเคชัน หรือสื่อออนไลน์ที่เชื่อมโยงกับ QR Code เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล การเผยแพร่ และการปรับปรุงเนื้อหาให้ทันสมัยอยู่เสมอ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาประสิทธิผลของคู่มือโดยเปรียบเทียบความรู้ ทัศนคติ พฤติกรรม และความพึงพอใจของผู้ใช้งานก่อนและหลังการใช้คู่มือ เพื่อประเมินผลลัพธ์ของการใช้สื่อการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

2. ควรศึกษาผลของการใช้คู่มือในระยะยาว โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการคัดแยกขยะ ปริมาณขยะรีไซเคิล ปริมาณขยะที่ต้องกำจัด และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบการจัดการขยะของมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง

3. ควรขยายการศึกษาสู่สถาบันการศึกษา ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อประเมินความเหมาะสมของคู่มือในบริบทที่แตกต่างกัน และพัฒนาแนวทางการจัดการขยะที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในวงกว้าง อันจะช่วยสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากกลุ่มแผนงานใต้ร่มพระบารมี ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๙ ขอบคุณกลุ่มแผนงานใต้ร่มพระบารมี และทุกหน่วยงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ให้ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

[2] United Nations Environment Programme (UNEP). (2019). *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi, Kenya: UNEP. https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6

[3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan: IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

[4] กรมควบคุมมลพิษ. (2567). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2566*. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ. https://www.pcd.go.th/publication/

[5] Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation. https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an

[6] United Nations Environment Programme (UNEP). (2015). *Global Waste Management Outlook*. Nairobi, Kenya: UNEP. https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook

[7] United Nations. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York, NY: United Nations. https://sdgs.un.org/2030agenda

[8] คุรุโคตร, จ., ตูมโฮม, พ., และปุมสันเทีย, จ. (2561). การพัฒนาคู่มือฝึกอบรมการจัดการขยะสำหรับนิสิตสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, 11(1).

[9] วงศ์จันทรา, ป., วงศ์จันทรา, ค., บุตราช, ส., และสรประสิทธิ์, อ. (2559). การฝึกอบรมเรื่องการจัดการขยะรีไซเคิลสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 3(3), 98–112.

[10] เวียงสมุทร, อ., วงจันทรา, ป., และพันธุ์ศิริ, ช. (2560). การส่งเสริมการจัดการขยะโดยการใช้ถังขยะสำหรับนิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน*, 2(3), 1–9.

[11] Leeabai, N., Siripaiboon, C., Tatwee-ngern, K., Buttanook, C., Sujirapatpong, W., Yimyarn, D., Takahashi, F., & Areeprasert, C. (2023). The integrated study of the effects of infographic design on waste separation behavior and the behavioral outcome implementation on waste composting. *Waste Management, 169*, 276– 285. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.07.019

[12] ภูผา, ร. (2548). การสร้างคู่มือ เรื่อง การมีส่วนร่วมจัดการขยะชุมชน สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม*, 27(2), 69– 83. https://digital.car.chula.ac.th/aer/vol27/iss2/6

[13] Phothisawang, W., et al. (2026). Effects of source-based waste management awareness on waste segregation behavior among lower secondary school students in Thailand: A case study of Phitsanulok Province. *Sustainability, 18*(6), Article 3101. https://doi.org/10.3390/su18063101

[14] UI GreenMetric World University Rankings. (2024). *UI GreenMetric World University Rankings Guideline 2024*. Depok, Indonesia: Universitas Indonesia. https://uigreenmetric.com/resources/university/guidelines/2024/english

[15] UI GreenMetric World University Rankings. (2024). *UI GreenMetric World University Rankings 2024*. Universitas Indonesia. https://uigreenmetric.com/rankings/university/overall-rankings-2024

[16] United Nations Environment Programme (UNEP). (2019). *Asia Waste Management Outlook*. Nairobi, Kenya: UNEP. https://www.unep.org/ietc/resources/publication/asia-waste-management-outlook

[17] United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource*. Nairobi, Kenya: UNEP. https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024

[18] Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of Instructional Design* (5th ed.). Belmont, CA: Wadsworth. https://faculty.cengage.com/works/9780534582845

[19] Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

[20] Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The Systematic Design of Instruction* (8th ed.). Boston, MA: Pearson.

[21] Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

[22] Reigeluth, C. M., & Carr-Chellman, A. A. (2009). *Instructional-Design Theories and Models: Building a Common Knowledge Base* (Vol. III). Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780203872130/instructional-design-theories-models-volume-iii-charles-reigeluth-alison-carr-chellman

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้าสำหรับการประเมินสมรรถนะและความถูกต้องของมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุน

ศตวรรษ บูรณา[1*] พัณณิตา แต้เจริญ[1] กิตตินัน สระสวย[1] สาคร ปันตา[1] สามารถ ยะเชียงคำ[1]
สุชาติ จันทร์จรมานิตย์[1] นายสิทธิพล ชีวสิทธิยานนท์[1] นายศุทธวีร์ ต้นคำ[1] นายภานุวัฒน์ ยาวิละ[1]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*sattawat_bu@rmutl.ac.th, 0882513880

บทคัดย่อ

มิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนยังคงถูกใช้งานในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำนวนมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ยังไม่เปลี่ยนผ่านสู่ระบบมิเตอร์อัจฉริยะ ความแม่นยำของมิเตอร์มีความสำคัญต่อการวัดพลังงานไฟฟ้าและการเรียกเก็บค่าไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบและสอบเทียบภาคสนามยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุนและความคล่องตัวของอุปกรณ์ทดสอบ งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้าต้นทุนต่ำสำหรับตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุน โดยเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จากมิเตอร์ และตรวจสอบความถูกต้องด้วยเครื่องวัดอ้างอิงมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าสามารถประเมินสมรรถนะและตรวจจับความผิดปกติของมิเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยตรวจพบทั้งมิเตอร์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานและมิเตอร์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์มาตรฐาน IEC 62053-11 Class 2 ผลการวัดมีความสอดคล้องกับเครื่องวัดอ้างอิง แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบ คัดกรอง และประเมินสภาพมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนในภาคสนามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ อุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้า, มิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุน, สมรรถนะมิเตอร์ไฟฟ้า, ความถูกต้องของมิเตอร์ไฟฟ้า, การทดสอบมิเตอร์ไฟฟ้า, IEC 62053-11

Design and Development of an Electrical Load Emulator for Performance and Accuracy Assessment of Electromechanical Energy Meters

Sattawat Burana[1*] Punnita Taecharoen[1] Kittinun Srasuay[1] Sakorn Panta[1]
Samart Yachiangkam[1] Suchart Janjornmanit[1] Sitthiphon Chiwasitthiyanon[1]
Sutthawee Tonkam[1] Phanuwat Yawila[1]

[1] Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*sattawat_bu@rmutl.ac.th, 0882513880

Abstract

Electromechanical induction energy meters are still widely used in electrical distribution systems, particularly in areas where the transition to smart metering has not yet been fully implemented. Meter accuracy is essential for energy measurement and electricity billing. However, field inspection and calibration are often constrained by the high cost and limited portability of commercial testing equipment. This research presents the design and development of a low-cost electrical load emulator for testing and evaluating the accuracy of electromechanical induction energy meters. The proposed system compares the calculated power with the power measured by the meter under test and verifies its accuracy using a standard reference meter. Experimental results demonstrate that the developed system can effectively assess meter performance and detect abnormal meter conditions. Both meters operating within the acceptable accuracy limits and meters exceeding the limits specified in IEC 62053-11 Class 2 were successfully identified. The measurement results obtained from the developed device showed good agreement with those of the reference meter, confirming the accuracy and reliability of the proposed system. The developed electrical load emulator has significant potential for application as a practical tool for testing, screening, and evaluating the condition of electromechanical induction energy meters in field environments.

Keywords: Electrical Load Emulator, Electromechanical Energy Meter, Meter Performance, Meter Accuracy, Energy Meter Testing, IEC 62053-11

1. บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ระบบไฟฟ้าได้เปลี่ยนผ่านจากโครงสร้างโครงข่ายแบบดั้งเดิมไปสู่โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะซึ่งอาศัยโครงสร้างพื้นฐานด้านมิเตอร์อัจฉริยะเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเก็บข้อมูลพลังงานแบบเวลาจริง การบริหารจัดการโหลด การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า และการสนับสนุนการตัดสินใจด้วยปัญญาประดิษฐ์ [1] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าประเทศต่าง ๆ จะมีการติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย มิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนยังคงถูกใช้งานในระบบจำหน่ายเป็นจำนวนมาก

ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ยังไม่มีการทำการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบมิเตอร์อัจฉริยะ มิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนหรือมิเตอร์พลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเชิงกลยังคงถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้งในระดับครัวเรือน และอุตสาหกรรม เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ความทนทานสูง และสามารถใช้งานได้ยาวนาน [2] อย่างไรก็ตาม จากการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ประสิทธิภาพ และความแม่นยำของมิเตอร์ชนิดนี้อาจลดลง ส่งผลให้ เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ซึ่งอาจนำไปสู่การคิดค่าไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้อง และส่งผลกระทบต่อทั้งผู้ใช้ไฟฟ้า และหน่วยงานผู้ให้บริการ [3] ดังนั้น การตรวจสอบความถูกต้องและประเมินสภาพการทำงานของมิเตอร์เหล่านี้จึงยังคงมีความสำคัญอย่างยิ่ง [4]

งานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคนิคการสอบเทียบ การตรวจสอบความถูกต้อง และการประเมินสมรรถนะของมิเตอร์พลังงานไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขการใช้งานที่หลากหลาย โดยเฉพาะการศึกษาผลกระทบของแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่มีความผิดเพี้ยน ฮาร์มอนิก โหลดไม่เชิงเส้น รวมถึงสภาวะคุณภาพไฟฟ้าที่ไม่เป็นอุดมคติ ซึ่งสามารถส่งผลต่อความแม่นยำของมิเตอร์พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้การตรวจสอบมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถสะท้อนสภาพการใช้งานจริงได้ [5]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่สามารถสร้างโหลดได้อย่างแม่นยำและมีเสถียรภาพ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบและประเมินสมรรถนะของมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุน โดยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยประเมินความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ภายใต้สภาวะโหลดที่กำหนดได้อย่างเป็นระบบ มีต้นทุนต่ำ สะดวกต่อการใช้งานภาคสนาม และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการมิเตอร์ไฟฟ้าในระบบจำหน่ายได้อย่างมีประสิทธิผล

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการตรวจสอบสภาพการทำงานของมิเตอร์ เปรียบเทียบกับภาระไฟฟ้าที่มิเตอร์วัดได้

การตรวจสอบการทำงานของมิเตอร์ [4] โดยคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าจากการจับรอบการหมุนของมิเตอร์ โดยใช้สูตรคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าจากการจับรอบการหมุน ดังสมการ (1)

$$Kilowatt(kW)_{TestMeter} = \left(\frac{3,600 \times N}{t \times (rev / kWh)} \right) \quad (1)$$

เมื่อ $Kilowatt(kW)_{TestMeter}$ คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดทดสอบมิเตอร์ไฟฟ้า

3,600 คือ เวลา 1 ชั่วโมง ในหน่วยวินาที

N คือ จำนวนรอบการหมุน

t คือ เวลาที่จับต่อรอบในหน่วยวินาที

(rev/kWh) คือ จำนวนรอบของมิเตอร์จานหมุน ต่อ 1 กิโลวัตต์

โดยค่าพลังงานไฟฟ้า [5] ที่วัดได้จากสมการที่ (1) จะนำไปเปรียบเทียบกับสมการ (2) จะต้องมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสมการที่ (2) จะแสดงดังนี้

$$Kilowatt(kW)_{Cal} = V \times I \times \cos\theta \quad (2)$$

เมื่อ $Kilowatt(kW)_{Cal}$ คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ

V คือ แรงดัน (โวลท์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมป์)

$\cos\theta$ คือ ค่าตัวประกอบกำลัง

ทำการเปรียบเทียบค่ากิโลวัตต์ที่ได้จากการจับรอบการหมุนในสมการ (1) และจากการคำนวณในสมการ (2) จะต้องมีค่าใกล้เคียงกันจากนั้นจะนำค่าที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนดังสมการ(3)

$$\%Eroror = \left(\frac{Kilowatt(kW)_{TestMeter} - Kilowatt(kW)_{Cal}}{Kilowatt(kW)_{Cal}} \right) \quad (3)$$

ถ้า $\%Eroror$ ติดลบ แสดงว่า มิเตอร์อ่านค่า ได้น้อยกว่าค่าความเป็นจริง (หมุนช้า)

ถ้า $\%Eroror$ เป็นบวก แสดงว่า มิเตอร์อ่านค่าได้มากกว่าค่าความเป็นจริง (หมุนเร็ว)

โดยมาตรฐาน IEC 62053-11 ได้มีการกำหนดระดับความแม่นยำ หรือที่เรียกว่า Accuracy Class (Class) ของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบจานหมุน เพื่อใช้บ่งบอกถึงค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้ของมิเตอร์ในการวัดพลังงานไฟฟ้า โดยค่า Class นี้เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพและความเที่ยงตรงของการวัด โดยค่าของ Class จะระบุเป็นตัวเลข เช่น Class 0.5 มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน ±0.5%, Class 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน ±1%, และ Class 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน ±2% [4] ซึ่งการไฟฟ้าจะใช้มิเตอร์ที่อยู่ใน Class 2

2.2 ขนาดมิเตอร์ที่ใช้งานในการไฟฟ้า

สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนที่การไฟฟ้าใช้ในประเทศไทย จะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือมิเตอร์ชนิด 1 เฟส จะมีขนาด 5(15) – 30(100) แอมป์ และ มิเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส จะมีขนาด 15(45) – 30(100) แอมป์ โดยขนาดของมิเตอร์นี้จะส่งผลต่อจำนวนรอบการหมุนของมิเตอร์ ดังนี้

- มิเตอร์ 5(15) แอมป์ 1 เฟส หมุน 1200 รอบ / กิโลวัตต์-ชั่วโมง หมายความว่า ถ้าเราใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย (เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 1,000 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) มิเตอร์ลูกนี้ จานจะหมุนไป 1200 รอบ

- มิเตอร์ 15(45) แอมป์ 1 เฟส หมุน 400 รอบ / กิโลวัตต์-ชั่วโมง หมายความว่า ถ้าเราใช้ไฟ 1 หน่วย (เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 1,000 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) มิเตอร์ลูกนี้ จานจะหมุนไป 400 รอบ

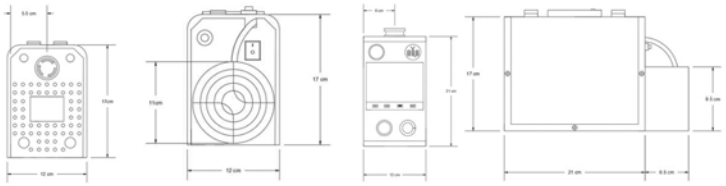
พบว่ามิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนถ้ามีการทำงานที่ผิดปกติ จะมีการหมุนคลาดเคลื่อนเกิน ± 2.5% [4] การไฟฟ้าจะดำเนินการปรับปรุงสับเปลี่ยนมิเตอร์และตรวจสอบความถูกต้องของมิเตอร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการออกแบบโครงสร้างการทำงานของอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบมิเตอร์การไฟฟ้าจานหมุน จำเป็นต้องเข้าใจภาพรวมของระบบทั้งหมดอย่างชัดเจน เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบ และการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้การพัฒนาอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้าสามารถใช้งานได้จริง จึงได้มีการแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้า, ออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า, การสร้างอุปกรณ์และออกแบบการทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์, และออกแบบระบบการทำงานที่ใช้ตรวจสอบการทำงานของมิเตอร์

3.1 ออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้า

ในส่วนของโครงสร้างภาระทางไฟฟ้า 1 เฟส โดยในการออกแบบนั้นจะต้องมีโครงสร้างขนาดเล็กไม่ใหญ่จนเกินไปและมีน้ำหนักเบาพกพาง่าย นอกจากนี้โครงสร้างยังต้องมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในบริเวณที่เกิดความร้อนสะสม เช่น บริเวณฮีตเตอร์ เพื่อป้องกันความร้อนสะสมภายในระบบ ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดค่าพลังงาน และเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน การออกแบบจะมีช่องระบายอากาศจำนวนมาก และมีช่องสายไฟในส่วนของภาระทางไฟฟ้า จากนั้นในส่วนความปลอดภัยมีสวิตช์ฉุกเฉิน เป็นตัวตัดการทำงานในกรณีมีเหตุฉุกเฉิน และส่วนด้านหลังจะมีสวิตช์เปิด ปิดการทำงานและมีพัดลมดูดอากาศจากความร้อนของฮีตเตอร์สะสมในระหว่างใช้งาน โดยในส่วนของด้านบนจะหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของโหลดเมื่อมีการกดที่ปุ่ม Push Button Switch กับมีไฟแสดงแรงดันโวลท์ที่ต่อกับมิเตอร์นั้นๆ ส่วนการปรับค่าการจ่ายโหลดนั้นจะมี Voltage Regulator Module จากนั้นจะดูค่าแรงดันและกระแส ด้วย Digital Power Energy Monitor โดยแบบจำลองจะแสดงดังรูปที่ 1 (ก)–(ง)

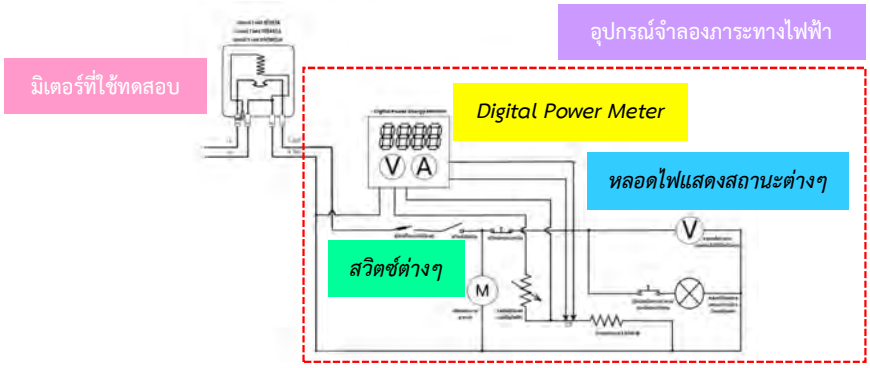


(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 1 (ก) โครงสร้างด้านหน้า (ข) โครงสร้างด้านหลัง (ค) โครงสร้างด้านบน (ง)โครงสร้างด้านข้าง

3.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า

ในส่วนอุปกรณ์ของการต่อวงจรภาระทางไฟฟ้า 1 เฟส ต้องประกอบด้วยการกำหนดชนิดของภาระทางไฟฟ้า การคำนวณพารามิเตอร์ไฟฟ้า การเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม ระบบระบายความร้อน วงจรควบคุมภาระทางไฟฟ้า และระบบแสดงผลที่แม่นยำ เพื่อให้สามารถจำลองภาระทางไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยแบบวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรภาระทางไฟฟ้าชนิด 1 เฟส เมื่อนำอุปกรณ์มาต่อ

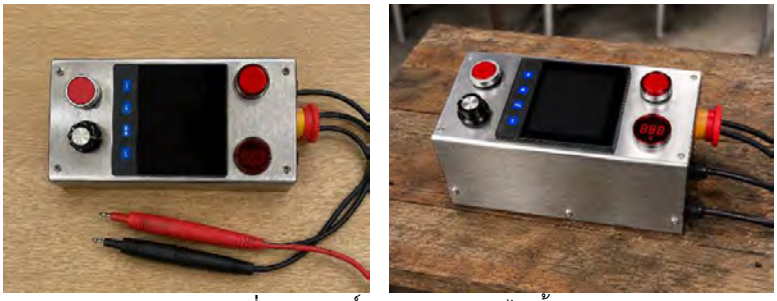
3.3 การสร้างอุปกรณ์และออกแบบการทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์

3.3.1 การสร้างอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า 1 เฟส

เมื่อได้แบบโครงสร้างอุปกรณ์และแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ จะนำแบบที่ได้ไปสร้างอุปกรณ์ ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์จะแสดงดังรูปที่ 3 และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจริงจะแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ส่วนประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์



รูปที่ 4 อุปกรณ์จำลองภาระทางไฟฟ้า

3.3.2 การทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์

(1) การทดสอบเทียบค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้ากับเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐาน

ก่อนจะนำอุปกรณ์ไปใช้งานในการปฏิบัติงานจริงจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ที่ใช้วัดก่อน โดยจะทำการเทียบกับเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐาน คือ HIOKI CM3286-50 ในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความต่างของค่ากำลังไฟฟ้า โดยจะทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของค่ากำลังไฟฟ้า

จำนวนครั้ง	Power Meter จากอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า (kW)	Clamp Power Meter HIOKI CM3286-50 (kW)	Error%
1	1.401	1.41	0.642
2	1.021	1.028	0.686
3	0.956	0.961	0.523
4	0.571	0.571	0.000
5	1.532	1.542	0.653
ค่าเฉลี่ยรวม (AVG) Error% จำนวน 5 ครั้ง			0.501

(2) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์กับมิเตอร์จานหมุน 1 เฟส ก่อนนำไปใช้งาน

โดยการทดสอบจะใช้ มิเตอร์ 5(15) แอมป์ 1 เฟส มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ จะเริ่มจากกำหนดจุดอ้างอิงและการสังเกตจานหมุนการทำงานของจานหมุน โดยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้ **การตั้งจุดอ้างอิง:** ให้สังเกตแถบเครื่องหมาย (Marking) บนจานหมุน **การจัดตำแหน่ง:** ปรับมุมมองหรือตำแหน่งให้ ขีดเครื่องหมายบนจานหมุน อยู่ในตำแหน่งที่ ตรงกับขีดอ้างอิงบนตัวเรือนมิเตอร์พอดี **การเริ่มวัดรอบ:** ใช้จังหวะที่ขีดทั้งสองตรงกันเป็นจุดเริ่มต้น (Start) และจุดสิ้นสุด (Stop) ในการนับจำนวนรอบเพื่อคำนวณค่าความเที่ยงตรง

การจับเวลาและบันทึกผลรอบการหมุนเริ่มจับเวลาเมื่อ ขีดบนจานหมุนตรงกับขีดอ้างอิง ของตัวเรือนมิเตอร์ และกดหยุดเวลาทันทีเมื่อจานหมุนกลับมาครบรอบ (หรือจำนวนรอบที่กำหนดขึ้นอยู่กับขนาดมิเตอร์) ที่จุดอ้างอิงเดิม เพื่อนำค่าเวลาที่ได้ไปบันทึกผล โดยรูปการทดสอบจะแสดงดังรูปที่ 5

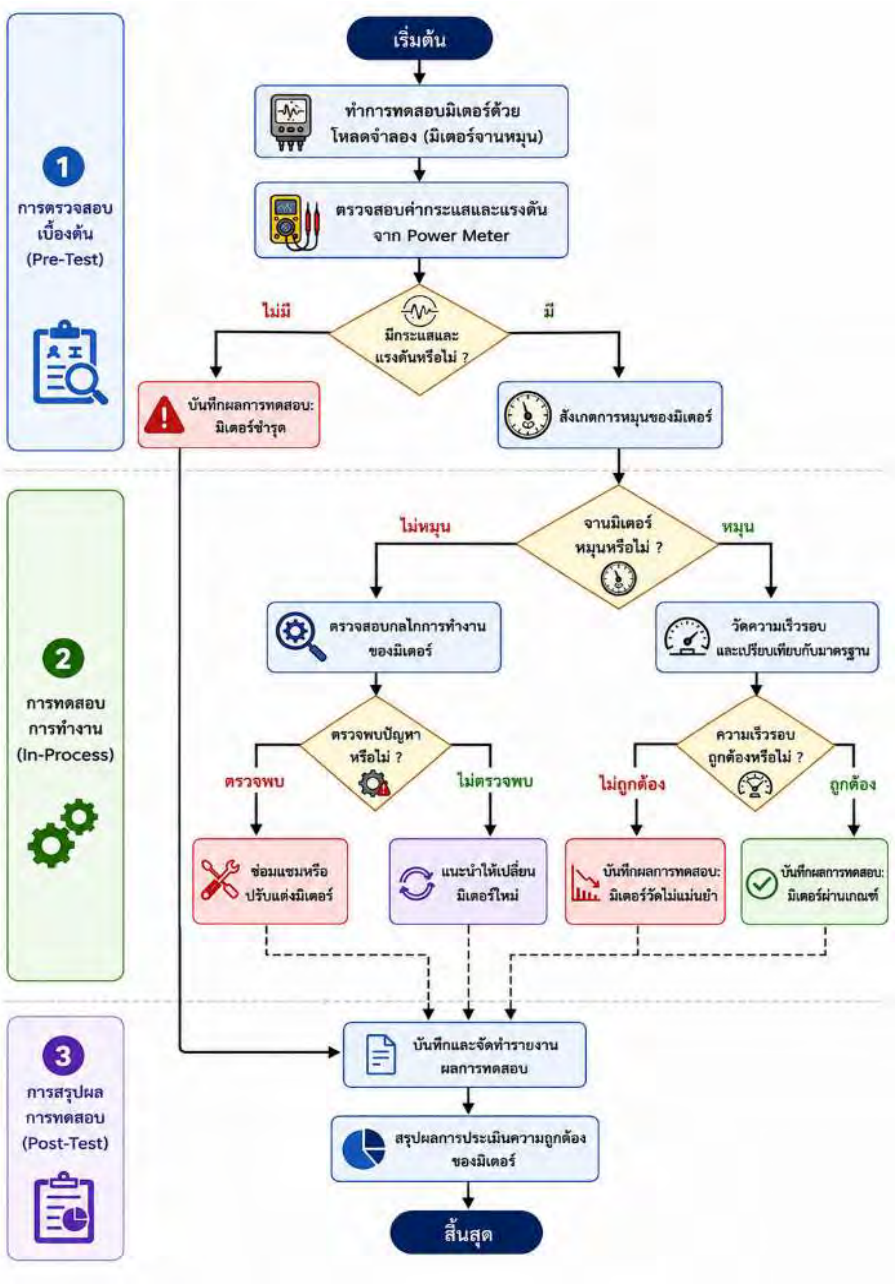


รูปที่ 5 การทดสอบการทำงานของมิเตอร์จานหมุน

ค่าที่ได้จากการวัดนี้จะนำไปแทนในสมการ (1) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดรอบการหมุน มีค่าเท่ากับ 1.421 กิโลวัตต์ และค่าที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ (2) มีค่าเท่ากับ 1.456 กิโลวัตต์ และค่า $\%Ererorr$ ที่ได้จากการคำนวณในสมการ (3) มีค่าเท่ากับ -2.4 % จากผลการทดสอบนี้แสดงว่าอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าสามารถนำไปใช้งานได้จริง

3.4 ออกแบบระบบการทำงานที่ใช้ตรวจสอบการทำงานของมิเตอร์

การออกแบบขั้นตอนที่ใช้ตรวจสอบจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบเบื้องต้น, ขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการทดสอบการทำงาน, และ ขั้นตอนที่ 3 การสรุปผลการทดสอบ โดยจะมีรายละเอียดดังรูป 6



รูปที่ 6 ระบบการทำงานที่ใช้ตรวจสอบการทำงานของมิเตอร์

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบ

การทดสอบในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์และยืนยันประสิทธิภาพของอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยปกติก่อนหน้านี้การไฟฟ้าได้ใช้เครื่องเป่าผมรุ่น HP8108/00 (1000W) จำลองเป็นภาระทางไฟฟ้า โดยจะทำการทดสอบกับ มิเตอร์จานหมุน 1 เฟส ขนาด 5(15)A จำนวน 5 เครื่อง จะวัดจำนวนรอบการหมุนเครื่องละ 5 รอบ ผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 2 และ มิเตอร์จานหมุน 1 เฟส ขนาด 15(45)A จำนวน 5 เครื่อง จะวัดจำนวนรอบการหมุนเครื่องละ 1 รอบ ผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตารางค่าทำการทดสอบมิเตอร์จานหมุน 1 เฟส ขนาด 5(15)A

ลำดับ	kWh Meter PEA	ชนิดโหลด	อุปกรณ์อ่านค่า	kW คำนวณ	kW วัดรอบ	%Error	t(s)
1	25****85	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	999.92	939.85	-6.01	16
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1504.41	1424.5	-5.31	10.5
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1500.43	1423.15	-5.15	10.5
2	61******96	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	999.84	301.20	-69.87	49.8
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1497.30	491.80	-67.15	30.5
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1499.46	492.61	-67.15	30.5
3	58******74	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	999.92	964.01	-3.59	15.6
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1495.44	1421.8	-4.92	10.6
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1503.36	1435.41	-4.52	10.5
4	26****65	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	999.78	969.62	-3.02	15.5
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1495.14	1440.92	-3.63	10.4
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1497.92	1438.16	-3.99	10.4
5	18****61	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	999.94	924.21	-7.57	16.2
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1493.21	1386.32	-7.16	10.8
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1500.13	1387.6	-7.5	10.8

ตารางที่ 3 ตารางค่าทำการทดสอบมิเตอร์จานหมุน 1 เฟส ขนาด 15(45)A

ลำดับ	kWh Meter PEA	ชนิดโหลด	อุปกรณ์อ่านค่า	kW คำนวณ	kW วัดรอบ	%Error	t(s)
1	64******93	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	988.47	963.6	-2.52	9.34
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1561.89	1528.01	-2.17	5.89
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1545.64	1533.22	-0.8	5.87

ลำดับ	kWh Meter PEA	ชนิดโหลด	อุปกรณ์อ่านค่า	kW คำนวณ	kW วัดรอบ	%Error	t(s)
2	62******53	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	990.66	961.54	-2.94	9.36
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1501.65	1470.59	-2.07	6.12
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1504.17	1475.41	-1.91	6.1
3	61******42	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	970.75	943.4	-2.82	9.54
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1424.41	1386.75	-2.64	6.49
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1421.84	1391.04	-2.17	6.47
4	25****52	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	999.78	974.03	-2.58	9.24
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1495.14	1453.96	-2.75	6.19
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1486.14	1451.61	-2.32	6.2
5	18****15	ไดร์เป่าผม	HIOKI CM3286-50	981.19	952.38	-2.94	9.45
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	Meter บนอุปกรณ์	1463.75	1421.8	-2.87	6.33
		อุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้า	HIOKI CM3286-50	1450.46	1424.05	-1.82	6.32

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากตารางทั้ง 2 จะทดสอบกับมิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าจริง โดยมิเตอร์แต่ละเครื่องจะมีเลขเครื่องบอกเฉพาะตัว แต่ข้อมูลนี้ถือเป็นความลับของผู้ใช้ไฟฟ้าจึงใช้เครื่องหมายดอกจันแสดงแทนเลขเครื่องของมิเตอร์ ผลการทดสอบจากตารางที่ 2 มิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนจำนวน 5 เครื่อง ขนาด 5(15)A ด้วยอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น พบว่ามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน IEC 62053-11 Class 2 (±2%) โดยมีแนวโน้มวัดค่าพลังงานต่ำกว่าค่าจริงอย่างต่อเนื่อง มิเตอร์หมายเลข 1, 3, 4 และ 5 มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -3.63% ถึง -7.50% สะท้อนถึงการเสื่อมสภาพของระบบแม่เหล็กเบรก แรงเสียดทานเชิงกล หรือมีการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่มิเตอร์จากอายุการใช้งาน มิเตอร์หมายเลข 2 แสดงความผิดปกติรุนแรงที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงถึง -67.15% และใช้เวลาหมุนต่อรอบนานถึง 30.5 วินาที ซึ่งมากกว่ามิเตอร์เครื่องอื่นอย่างชัดเจน บ่งชี้ถึงความเสียหายของกลไกภายในมิเตอร์และไม่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานอีกต่อไป

ผลการทดสอบจากตารางที่ 3 มิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนจำนวน 5 เครื่อง ขนาด 15(45)A ด้วยอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ทุกเครื่องมีแนวโน้มวัดค่าพลังงานต่ำกว่าค่าจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง -0.80% ถึง -2.94% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณและเครื่องมืออ้างอิง ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ส่วนใหญ่อยู่ใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน IEC 62053-11 Class 2 (±2%) แสดงให้เห็นว่ามิเตอร์ที่นำมาทดสอบยังคงมีสภาพการทำงานที่อยู่ในระดับยอมรับได้ แม้ว่าจะเริ่มมีแนวโน้มการวัดต่ำกว่าค่าจริงเล็กน้อย

นอกจากนี้ ผลการวัดจากอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับเครื่องวัดอ้างอิง HIOKI CM3286-50 เป็นอย่างดี โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันในทุกกรณีทดสอบ แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างโหลดที่มีเสถียรภาพและมีความแม่นยำเพียงพอสำหรับการประเมินสภาพมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุน จึงมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองและวินิจฉัยมิเตอร์ภาคสนามก่อนการสอบเทียบหรือเปลี่ยนทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างโหลดที่มีความเสถียรและให้ผลการวัดที่สอดคล้องกับเครื่องวัดอ้างอิง HIOKI CM3286-50 ได้อย่างน่าเชื่อถือ จึงสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินสมรรถนะของมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบสามารถจำแนกสภาพการทำงานของมิเตอร์ได้อย่างชัดเจน โดยพบทั้งมิเตอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนสูงเกินกว่ามาตรฐาน IEC 62053-11 Class 2 อย่างมาก และมิเตอร์ที่ยังคงมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจพบความผิดปกติของมิเตอร์ที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของระบบแม่เหล็กเบรก กลไกการหมุน และองค์ประกอบภายในของมิเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะกรณีมิเตอร์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงและใช้เวลาการหมุนต่อรอบผิดปกติ ซึ่งสะท้อนถึงสภาพการทำงานที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ผลการศึกษายืนยันว่าอุปกรณ์ภาระทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือคัดกรอง ตรวจสอบ และวินิจฉัยสภาพมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนในภาคสนามก่อนการสอบเทียบหรือเปลี่ยนทดแทน ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการมิเตอร์ของหน่วยงานด้านระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากร อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณหน่วยงานสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนทุนในการนำเสนอบทความในครั้งนี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Raza, M. H., Rind, Y. M., Javed, I., Zubair, M., Mehmood, M. Q., & Massoud, Y. (2023). Smart meters for smart energy: A review of business intelligence applications. *IEEE Access, 11*, 120001 – 120022.

[2] Salomon, G., Laroca, R., & Menotti, D. (2022). Image-based automatic dial meter reading in unconstrained scenarios. *Measurement*, 204, 2025.

[3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2563). แนวทางการสอบเทียบมิเตอร์ไฟฟ้าชนิดจานหมุนในภาคสนาม. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

[4] Bartolomei, L., Pasetti, M., Rinaldi, S., & Flammini, A. (2020). Testing of electrical energy meters subject to realistic load conditions. *Energies*, 13(8), 2023.

[5] Wang, H., Zhao, Z., Huang, Y., Yao, H., Liu, Y., Gai, X., & Tan, H. (2020). Environmental impact analysis and error correction method of smart meter on-site verification. *4th International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)*, 124 – 128.

[6] International Electrotechnical Commission. (2003). IEC 62053-11: Electricity metering equipment (a.c.)—Particular requirements—Part 11: Electromechanical meters for active energy (classes 0.5, 1 and 2). International Electrotechnical Commission.

[7] Bird, J. (2021). Bird's electrical circuit theory and technology (7th ed.). Routledge.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ
วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การพยากรณ์ความต้องการไอน้ำโดยใช้แบบจำลอง XGBoost

กุลฑีรา เขียนประสิทธิ์[1*] และ เตชค์ฐสิณป์ เพียซ้าย[2]

[1,2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
9/9 หมู่ 9 ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

*2669601037@stou.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 063-390-6440

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีประสงค์ 1) เพื่อประยุกต์แบบจำลอง XGBoost สำหรับการพยากรณ์ความต้องการไอน้ำ และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการพยากรณ์ของแบบจำลองที่นำเสนอ

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยมีจำนวน 18,834 ระเบียนซึ่งประกอบด้วยข้อมูลตัวแปรด้านกระบวนการผลิตที่ต้องการใช้ปริมาณไอน้ำ 11 ตัวแปรที่ได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์ ข้อมูลตัวแปรทั้งหมดได้รับการปรับให้เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการออกแบบคุณลักษณะเพื่อให้ได้ตัวแปรใหม่ ข้อมูลตัวแปรได้ถูกแบ่งร้อยละ 80 สำหรับชุดฝึกสอน และร้อยละ 20 สำหรับชุดทดสอบเพื่อใช้ในการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง XGBoost

ผลการทดลองพบว่า 1) แบบจำลอง XGBoost สามารถใช้สำหรับการพยากรณ์ความต้องการไอน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 2) การพยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง XGBoost จะมีค่า RMSE เท่ากับ 7.07, ค่า MAE เท่ากับ 2.33 และค่า MAPE เท่ากับ 0.87

คำสำคัญ แบบจำลอง XGBoost, การพยากรณ์ความต้องการไอน้ำ, แบบจำลองการพยากรณ์ไอน้ำ

Steam Demand Forecasting using the XGBoost Model

Kunthira Kheanprasit[1*], and Tejtasin Phiasai[2]

[1,2] School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University
9/9 Moo 9, Bang Phut, Pak Kret, Nonthaburi 11120

*2669601037@stou.ac.th, Mobile Phone: 063-390-6440

Abstract

This research aims to 1) apply the XGBoost model for forecasting the steam demand, and 2) evaluate the forecasting performance of the proposed model.

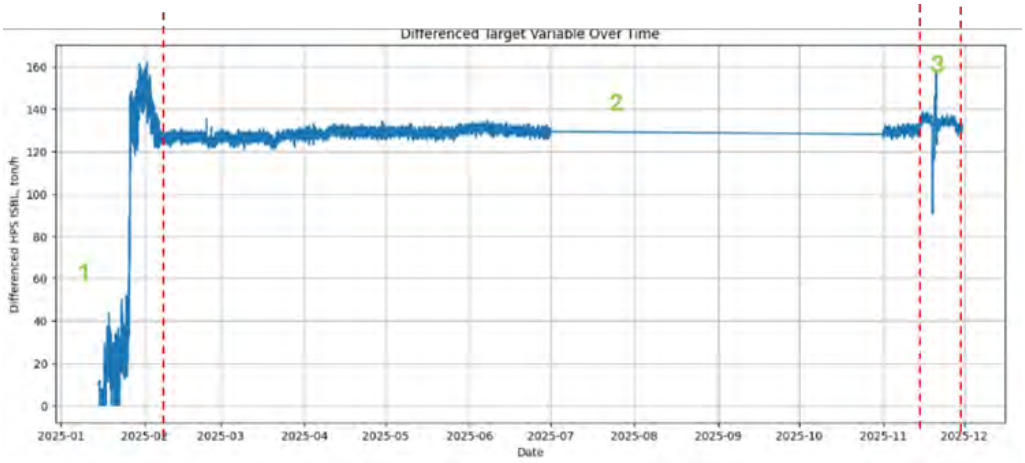
The data used in the research, 18,834 records, consisted of the eleven variables of the manufacturing process that required the use of the steam quantity from sensor devices. All variables were optimized using feature engineering to obtain new variables. The variables split the data into 80% for the training set, and 20% for the testing set for forecasting using the XGBoost model.

The results showed that 1) the XGBoost model can be used to forecast the steam demand effectively, and 2) the forecasting using the XGBoost model received the RMSE value of 7.07, the MAE value of 2.33, and the MAPE value of 0.87.

Keywords: XGBoost model, steam demand forecasting, steam forecasting model.

1. บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้ไอน้ำ (steam) เป็นแหล่งพลังงานหลักในการขับเคลื่อนเครื่องจักรสำหรับกระบวนการผลิตให้ได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงนั้น จำเป็นต้องมีระบบการบริหารจัดการพลังงานไอน้ำซึ่งมีความซับซ้อนที่ประกอบด้วย 2 ระบบหลักได้แก่ ระบบการผลิตจากภายในโรงงาน และระบบการจัดหาจากแหล่งอุปทานภายนอก ซึ่งความสำคัญของการบริหารจัดการดังกล่าวคือการรักษาสมดุลระหว่างปริมาณความต้องการใช้จริงและปริมาณการจัดหา ซึ่งหากเกิดสภาวะอุปทานขาดแคลนหรือระบบไม่สามารถคำนวณความต้องการได้อย่างแม่นยำแล้ว อาจส่งผลให้พลังงานหรือแรงดันในระบบลดลงจนนำไปสู่สภาวะหยุดชะงักในกระบวนการผลิตได้ ทำให้เกิดความเสียหายที่ประเมินเป็นมูลค่ามหาศาล ในทางกลับกัน หากระบบสามารถจัดเตรียมหรือจัดหาพลังงานไอน้ำเข้ามามากเกินความจำเป็นก็จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์และทำให้ต้นทุนการดำเนินงานของโรงงานสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น และระบบการบริหารจัดการดังกล่าวโดยทั่วไปยังพึ่งพาประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นสำคัญเพื่อคำนวณและคาดการณ์สภาวะการทำงาน ณ ช่วงเวลานั้น ๆ ซึ่งการจัดการดังกล่าวมีความผันผวนทางระบบสูงทั้งไม่แน่นอน ไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผันผวนของระบบดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การกระจายตัวของความต้องการไอน้ำในแต่ละวัน

จากรูปที่ 1 แสดงข้อมูลอนุกรมเวลาของความต้องการปริมาณพลังงานไอน้ำที่มีลักษณะพฤติกรรมการใช้พลังงานไอน้ำในโรงงานไม่ได้คงที่ตลอดทั้งปี ในกราฟสามารถจำแนกออกเป็น 3 ช่วงเวลาหลักตามลักษณะของรูปแบบการเดินเครื่องจักร ดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2568 ถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2568 เป็นช่วงที่ระบบมีความผันผวนสูงมากและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (dynamic regime)

ช่วงเวลาที่ 2 ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ 2568 ถึงวันที่กลางเดือนพฤศจิกายน 2568 เป็นช่วงการดำเนินงานระยะยาวที่มีความสม่ำเสมอและมีความเสถียรที่สูง (stable regime)

ช่วงเวลาที่ 3 ตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายน 2568 ถึงกลางเดือนธันวาคม 2568 เป็นช่วงปลายของการจัดเก็บข้อมูลซึ่งระบบยังคงรักษาสภาวะความเสถียรไว้ได้ดีต่อเนื่องจากช่วงที่สอง

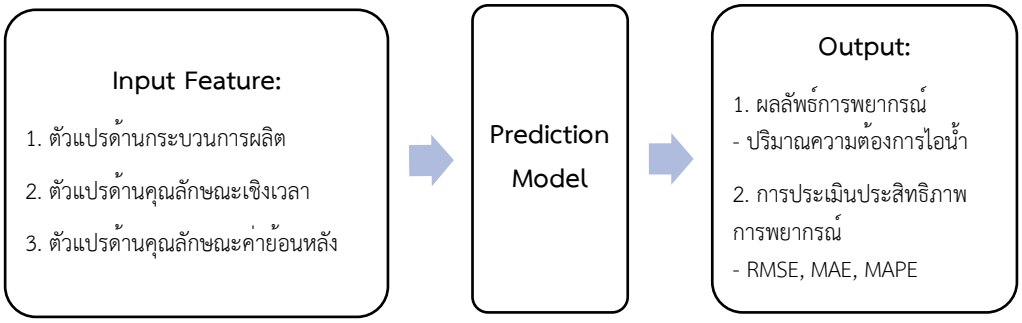
ดังนั้นเพื่อให้ระบบบริหารจัดการดังกล่าวสามารถพยากรณ์หรือทำนายสภาวะของความต้องการใช้ปริมาณพลังงานไอน้ำจากตัวแปรหรือปัจจัยต่าง ๆ ได้ การใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) มาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตถือเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้ร่วมการตัดสินใจความต้องการดังกล่าวได้ และเนื่องจากข้อมูลของตัวแปรเกี่ยวกับความต้องการใช้ปริมาณพลังงานไอน้ำจะแปรผันตามเวลาและแปรผันตามสถาวะการทำงานของเครื่องจักรซึ่งถือได้ว่ามีความยากต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบเชิงเส้นได้ เพื่อให้การพยากรณ์ข้อมูลมีความแม่นยำสูงและทำงานได้อย่างรวดเร็ว ตัวแบบจำลอง XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) จะถูกประยุกต์ใช้สำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้ปริมาณพลังงานไอน้ำ

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ได้แก่ 1) เพื่อประยุกต์แบบจำลอง XGBoost สำหรับการพยากรณ์ความต้องการไอน้ำ และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการพยากรณ์ของแบบจำลองที่นำเสนอ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยด้านการประยุกต์การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลในงานภาคอุตสาหกรรมมีหลากหลายงานได้แก่ 1) ด้านการประยุกต์การเรียนรู้เชิงลึกโดยใช้เทคนิคของแบบจำลอง LSTM (Long Short–Term Memory) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่แปรตามเวลาและเปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง ARIMA โดยงานวิจัยของ Mohammadigohari, M. (2021) ได้ประยุกต์พยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อวางแผนและการดำเนินงานของระบบไฟฟ้า และงานวิจัยของ Yang, M. และคณะ (2023) ประยุกต์พยากรณ์เพื่อวางแผนการใช้เชื้อเพลิงพลังงานไอน้ำและการเดินเครื่องจักรรวมถึงการตรวจสอบความผิดปกติ เช่น การรั่วไหลไอน้ำ เป็นต้น โดยทั้งสองงานวิจัยประยุกต์แบบจำลอง LSTM และได้ผลที่ดีกว่าแบบจำลอง ARIMA และ 2) ด้านการประยุกต์การเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้เทคนิคแบบจำลองได้แก่ NN (Neural Network), SVM (Support Vector Machine), SVR (Support Vector Regression), KNN (K–Nearest Neighbors), RF (Random Forest), XGBoost, Decision Tree ในด้านนี้งานวิจัยของ Wright, S. และ Marwala, T. (2007) ประยุกต์ใช้เทคนิคหลายรูปแบบ เช่น NN และ SVM เป็นต้น เพื่อพยากรณ์ค่าตัวแปรจากเครื่องกำเนิดไอน้ำโดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนได้แก่ training data, validation data และ testing data เพื่อทดสอบประสิทธิภาพค่า MSE (mean squared error) ของแต่ละแบบจำลอง งานวิจัยของ Nassif, A. และคณะ (2020) และ Siddiqui, R. และคณะ (2021) ได้ประยุกต์แบบจำลองเช่น SVM, RF, ANN, และ decision tree เป็นต้น สำหรับพยากรณ์กำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองด้วยค่า MAE (mean absolute error) และ RMSE (root mean squared error) ส่วนงานวิจัยของ Machado Roberty, E. A. (2021) ประยุกต์แบบจำลองเช่น NN, RF, SVR เป็นต้น เพื่อศึกษาการพยากรณ์การใช้น้ำมันและก๊าซให้มีประสิทธิภาพและใช้ตัวชี้วัด RMSE และ MSE สำหรับการเปรียบเทียบแต่ละแบบจำลอง งานวิจัยของ Singh, V. และ Kaewprapha, P. (2024) ประยุกต์ใช้แบบจำลองเช่น SVR, KNN, decision tree เป็นต้น สำหรับพยากรณ์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงาน

ความร้อนร่วมที่มีความซับซ้อนของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยภายในและเปรียบเทียบประสิทธิภาพแต่ละแบบจำลองด้วยค่า RMSE งานวิจัยของ Kurkin, A. และคณะ (2024) ได้พยากรณ์การไหลของมวลไอน้ำในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนเพื่อการควบคุมประสิทธิภาพการดำเนินงานและการลดต้นทุนโดยประยุกต์หลักการของ NN และใช้ค่า MSE เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ และในงานวิจัยของ Duan, L. และคณะ (2024) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองเช่น KNN, SVR, RF, XGBoost เป็นต้น สำหรับเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการผลิตพลังงานไอน้ำเพื่อให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้และการจัดการพลังงานในโรงไฟฟ้าและใช้ตัวชี้วัดค่า MSE, RMSE และค่าความสัมพันธ์ (correlation) เป็นตัววัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ จากแต่ละด้านการประยุกต์พบว่า ข้อมูลตัวแปรเกี่ยวกับปริมาณพลังงานไอน้ำรวมถึงในงานวิจัยนี้ที่นำมาวิเคราะห์เพื่อทำการพยากรณ์ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลแบบไม่เชิงเส้นและไม่ขึ้นกับเวลา ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้กับข้อมูล แบบไม่เชิงเส้นจะมีแบบจำลองแบบ XGBoost สามารถนำมาพิจารณาและประยุกต์ในงานวิจัยนี้ได้



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

จากรูปที่ 2 ตัวแปรด้านกระบวนการผลิต ประกอบด้วย วันและเวลา (Date/Time), อัตราการใช้ไอน้ำ (HPS ISBL), อุณหภูมิ (HPS Temp), ความดันไอน้ำขาเข้า (HPS inlet Pressure), ความดันไอน้ำขาออก (HPS outlet pressure), ปริมาณไอน้ำที่ผลิต (HPS gen), อุณหภูมิขาออกเครื่องปฏิกรณ์ไปยังเครื่องอัดความดัน (Rx to Comp), ความดันขาออกเครื่องปฏิกรณ์ไปยังเครื่องอัดความดัน (Rx to Comp), อุณหภูมิไอร้อนขาเข้าที่นำมาผลิตไอน้ำ (FH Inlet temp), อุณหภูมิไอร้อนที่เหลือจากการผลิตไอน้ำ (FH Inlet temp), อัตราสกัดไอน้ำ (steam extraction), อัตราการไหลจากเครื่องปฏิกรณ์ (flow RxX) และตัวแปรด้านคุณลักษณะเชิงเวลาประกอบด้วย ชั่วโมง, วันในสัปดาห์, เดือน และตัวแปรด้านคุณลักษณะค่าย้อนหลังได้แก่ ค่าความต้องการไอน้ำ

กรอบแนวคิดเชิงระบบจะเชื่อมโยงกลุ่มตัวแปรเข้าด้วยกันโดยมีตัวแปรขาเข้า (input feature) สามด้านได้แก่ ตัวแปรด้านกระบวนการผลิต ได้แก่ การผลิต, อุณหภูมิ, ความดัน, อัตราสกัดไอน้ำ ด้านคุณลักษณะเชิงเวลา ได้แก่ ชั่วโมง, วันในสัปดาห์, เดือน และด้านคุณลักษณะค่าย้อนหลัง (lag feature) ได้แก่ ค่าความต้องการไอน้ำย้อนหลัง 15 นาที ถึง 6 ชั่วโมง โดยมีการพยากรณ์ค่าต่อเนื่องปริมาณความต้องการไอน้ำหน่วยเป็นตันต่อชั่วโมง และการจำแนกประเภทสถานะ (state classification) ที่สถานะการสั่งซื้อไอน้ำเป็น 0 หรือ 1 และผลการประสิทธิภาพของการพยากรณ์

แบบจำลอง XGBoost ทำงานโดยสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Trees) ขนาดเล็กต่อกันเป็นลำดับ (sequential) ทำให้โมเดลจับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนและไม่เป็นเส้นตรงได้ดี มีค่าฟังก์ชันเป้าหมาย objective functions โดย regression ใช้ loss function คือ MSE ร่วมกับการวัดผลด้วย MAPE และ classification ใช้ binary cross-entropy loss เพื่อแยกสภาวะความต้องการไอน้ำสูงเกินเกณฑ์กำหนด

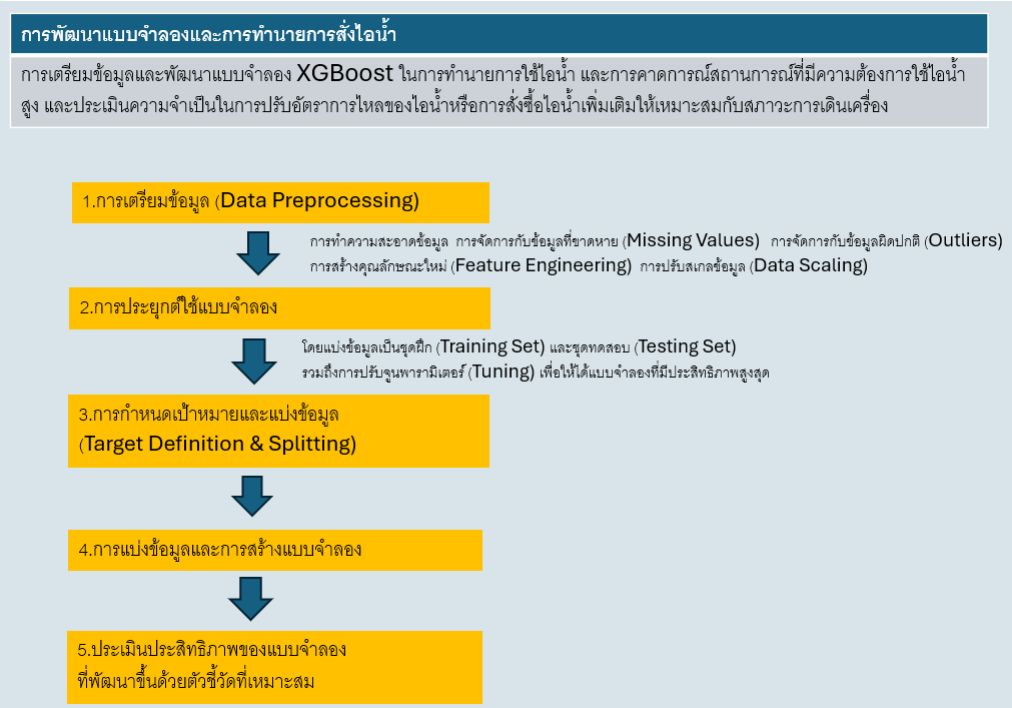
3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากการจัดเก็บโดยอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ตามจุดสำคัญของระบบการผลิตและแจกจ่ายไอน้ำ และข้อมูลจะถูกดึงเก็บในไฟล์ทุก ๆ 15 นาทีหรือตามกำหนดเพื่อให้ระดับความละเอียดที่เหมาะสมต่อการตรวจจับพฤติกรรมเชิงพลวัตของไอน้ำ ระยะเวลาในการจัดเก็บครอบคลุมตั้งแต่วันเดือนมกราคม 2568 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2568 เป็นเวลา 11 เดือน คิดเป็นจำนวนข้อมูลดิบรวมประมาณ 18,834 รายการหรือระเบียน โดยแต่ละแถวประกอบด้วยตัวแปรด้านกระบวนการผลิต 11 ตัวแปร

เครื่องมือสำหรับการทดลองประกอบด้วย

1) ข้อมูลตัวแปร 18,834 รายการ
2) โปรแกรมภาษาไพธอน (Python) พร้อมไลบรารี เช่น Pandas, NumPy, Scikit-learn, TensorFlow/PyTorch) เป็นต้น และทำงานผ่าน Google Colab
3) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับการประมวลผลข้อมูลและฝึกแบบจำลอง

ขั้นตอนการทดลองเพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์การสั่งไอน้ำหรือการจัดหาไอน้ำดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองของวิธี XGBoost

แบบจำลอง XGBoost ที่นำมาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ตัวแปรนำเข้าข้อมูลเวลา ได้แก่ Year, Month, Day, Hour, Minute, DayOfWeek, และ WeekOfYear, ตัวแปรเป้าหมายคือปริมาณไอน้ำแรงดันสูง HPS ISBL, ton/h, ฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับการพยากรณ์ค่าต่อเนื่อง (regression), ค่า n_estimators=100 สำหรับจำนวนต้นไม้ตัดสินใจ (boosting rounds) ที่สร้างขึ้น, learning_rate=0.1 สำหรับอัตราการเรียนรู้ (step size shrinkage) เพื่อลดการ overfit max_depth=5 ของต้นไม้แต่ละต้น และ random_state=42 การกำหนด seed ค่าสุ่มเพื่อให้ผลการเทรนคงที่

เพื่อให้การประยุกต์ใช้แบบจำลอง XGBoost ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ข้อมูลดิบต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพอย่างเป็นระบบดังนี้

1) การกำหนดดัชนีเวลา แปลงคอลัมน์ประทับเวลา (timestamp) ให้เป็นรูปแบบ Datetime ของ Python แล้วตั้งค่าเป็นดัชนีหลัก พร้อมทั้งตรวจสอบลำดับเวลาเรียงตัวอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอทุก ๆ 15 นาที
2) การจัดการค่าที่สูญหาย ตรวจสอบพบบางตัวแปรมีค่าสูญหายอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของเซนเซอร์หรือช่วงการซ่อมบำรุง ข้อมูลดังกล่าวมีค่าสูญหายคิดเป็น 100% จึงถูกคัดออกจากการศึกษา สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ที่มีค่าสูญหายเป็นช่วงสั้น ๆ จะใช้เทคนิคเติมเต็มข้อมูลไปข้างหน้า (forward-fill imputation) ส่วนกรณีค่าสูญหายต่อเนื่องเป็นช่วงยาวหรือกรณีที่เป็นค่าศูนย์จะใช้การแทนที่ด้วยวิธีประมาณค่าในช่วงตามเวลา (time-based interpolation)
3) การขจัดค่าผิดปกติ เลือกใช้แนวทางการจำกัดขอบเขตข้อมูลด้วยค่าเปอร์เซ็นไทล์ (percentile-based capping) โดยค่าที่ต่ำกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 1 และค่าที่สูงกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 99 จะถูกตัด (clipped) ให้เท่ากับค่าขอบเขตนั้น ๆ แทนการลบข้อมูลทิ้ง ซึ่งวิธีนี้ช่วยให้แบบจำลองสามารถรักษามิติขนาดของชุดข้อมูลสำหรับการฝึกอบรมได้อย่างสมบูรณ์
4) กำหนดตัวแปรเป้าหมายในรูปแบบการจำแนกประเภท (binary classification) เพื่อระบุสถานะ “ควรสั่งซื้อหรือเพิ่มไอน้ำหรือไม่” โดยใช้เกณฑ์ความต้องการใช้ไอน้ำ

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองประกอบด้วยตัวชี้วัด ได้แก่ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE), ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยแบบร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และแสดงสมการของแต่ละค่าตามลำดับ

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum \left| actual - predicted \right|^2} \quad (1)$$

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n}\sum \left| actual - predicted \right| \quad (2)$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum\left|\frac{actual - predicted}{actual}\right| \times 100\% \quad (3)$$

เมื่อ actual คือ ค่าจริงที่เกิดขึ้น

predicted คือ ค่าที่แบบจำลองพยากรณ์ได้

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

สำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง XGBoost พยากรณ์ ใช้การพยากรณ์จำแนกประเภท (XGBoost classification) โดยแบ่งสัดส่วนชุดข้อมูลเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดฝึกสอนเป็น 80% และชุดข้อมูลทดสอบเป็น 20%

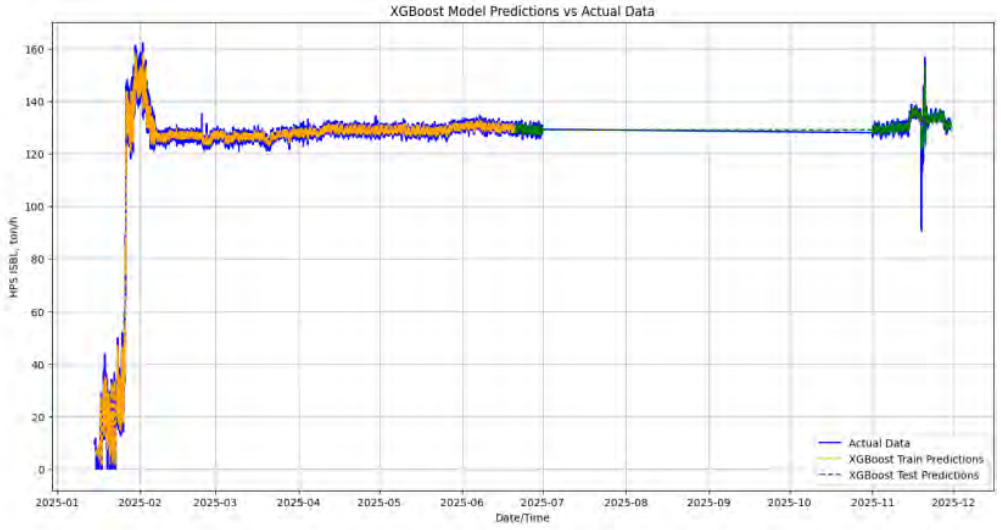
4. ผลการวิจัย

ผลการทดลองและการคำนวณค่าประสิทธิภาพของตัวชี้วัด RMSE, MAE และ MAPE ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพแบบจำลอง XGBoost ได้แก่ RMSE, MAE และ MAPE

Model	RMSE	MAE	MAPE (%)
XGBoost	7.07	2.33	0.87

ผลการพยากรณ์แสดงดังรูปที่ 4 ที่ประกอบด้วย กราฟของข้อมูลจริงและข้อมูลของฝึกสอนและข้อมูลของการทดสอบ



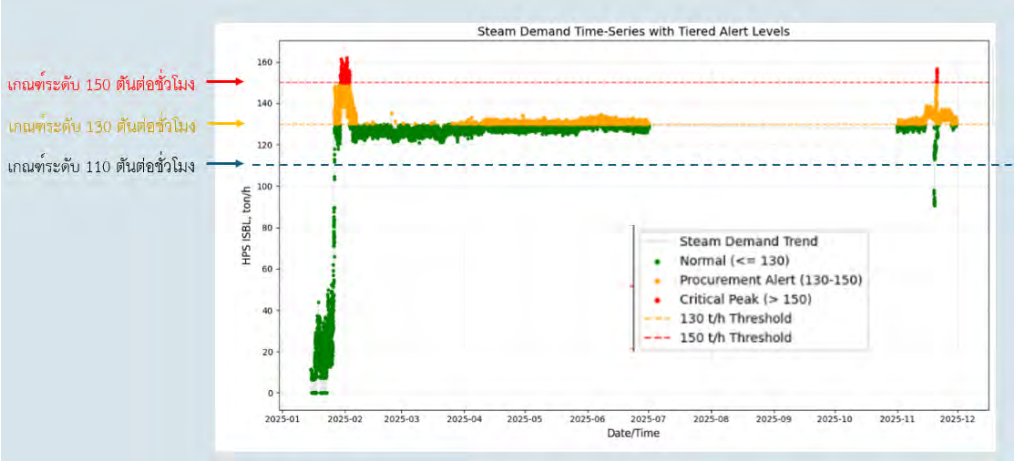
รูปที่ 4 ค่าการพยากรณ์ของแบบจำลอง XGBoost เทียบกับค่าจริง

เมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งหมดอย่างต่อเนื่องของการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง XGBoost จะมีค่า RMSE อยู่ที่ 7.07 และ MAE อยู่ที่ 2.33 และมีประสิทธิภาพสูงสุดในแง่ของ MAPE ซึ่งถือว่าต่ำที่ร้อยละ 0.87 และประสิทธิภาพการจำแนกสถานะแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง XGBoost ในการจำแนกสถานะ

Threshold (ton/h)	Precision	Recall	F1-Score
0	0.92	0.94	0.93
1	0.83	0.80	0.81

จากตารางที่ 2 สำหรับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสั่งซื้อไอน้ำเสริมจากภายนอก แบบจำลองจำแนกประเภท XGBoost classification ที่ถูกฝึกสอนเพื่อจำแนกสภาวะตามเป้าหมายที่เป็นระดับวิกฤตที่ต้องจัดหาไอน้ำ (target variable: order_steam = 1) ผลการประเมินประสิทธิภาพแสดงรายละเอียด คือ แบบจำลองทำผลงานได้อย่างดีในสภาวะปกติ (Class 0) โดยมีค่า precision และ recall มากกว่า 0.90 สำหรับสภาวะที่ต้องการไอน้ำเสริมความดันสูง (Class 1) ซึ่งเป็นกลุ่มข้อมูลส่วนน้อยในระบบ โดยคิดเป็นประมาณ 29% ของข้อมูลทั้งหมด ทั้งนี้แบบจำลองยังคงรักษาความสามารถในการจำแนกได้ดีโดยให้ F1-score สูงถึง 0.81 หลังจากการปรับแต่งพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักคลาส



รูปที่ 5 เกณฑ์ปริมาณความต้องการไอน้ำขั้นต่ำ (ton/h) เพื่อหาจุดปฏิบัติการที่ดีที่สุด

จากรูปที่ 5 เกณฑ์ระดับ 110 ตันต่อชั่วโมง แบบจำลองให้ค่า F1-score สูงถึง 0.93 แต่ในทางปฏิบัติจริง เกณฑ์นี้ต่ำเกินไปทำให้ระบบสั่งการแจ้งเตือนอยู่ตลอดเวลาจนกลายเป็นสัญญาณรบกวนที่ไม่มีประสิทธิภาพ

เกณฑ์ระดับ 150 ตันต่อชั่วโมง แบบจำลองให้ค่า recall เต็ม 1.00 แต่กลับมีค่า precision ที่ต่ำมาก ส่งผลให้เกิดสัญญาณเตือนเท็จ (false alarms) เป็นจำนวนมาก ซึ่งลดความน่าเชื่อถือของระบบในมุมมองผู้ปฏิบัติงาน

เกณฑ์ระดับ 130 ตันต่อชั่วโมงเป็นจุดสมดุลที่ดีที่สุด โดยให้ค่า precision เท่ากับ 0.84 ค่า recall เท่ากับ 0.89 และค่า F1-score ได้สูงถึง 0.87 ซึ่งบ่งบอกความน่าเชื่อถือของสัญญาณเตือนและความสามารถในการตรวจจับสถานการณ์วิกฤตได้อย่างแม่นยำ

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง XGBoost สามารถพยากรณ์ความต้องการปริมาณพลังงานไอน้ำในลักษณะของการบริหารจัดการข้อผิดพลาดเชิงสัดส่วนร้อยละ (MAPE) ที่ต่ำด้วยค่าร้อยละ 0.87 ได้ในทุกช่วงเวลาการทดลองอย่างสม่ำเสมอ ในทางวิศวกรรมการควบคุมและการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ดัชนี MAPE จัดเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในทางปฏิบัติเนื่องด้วยดัชนีนี้มีคุณสมบัติไม่ขึ้นกับขนาดของข้อมูล (scale-independent measure) ทำให้ผู้ควบคุมระบบสามารถประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบของความคลาดเคลื่อนภายใต้สภาวะการเดินเครื่องจักรที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน ข้อผิดพลาดที่วัดออกมารวมเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถเชื่อมโยงโดยตรงเข้าสู่การคำนวณความเสี่ยงเชิงมูลค่าเงินในการจัดซื้อพลังงานไอน้ำ และการวางแผนภาระกำลังการผลิตสำรองได้อย่างเป็นรูปธรรม

ความสำเร็จของแบบจำลอง XGBoost ในงานวิจัยนี้ เกิดจากข้อดีเชิงโครงสร้างของอัลกอริทึมที่สามารถทนทานต่อสภาวะสัญญาณรบกวน (noise) ในชุดข้อมูลโรงงาน และความสามารถในการสร้างการสนับสนุนการตัดสินใจที่ซับซ้อนเพื่อจัดการกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพหุนาม (multivariate interaction) ที่มีความสัมพันธ์กันแบบไม่เชิงเส้นได้เป็นอย่างดี

จากข้อค้นพบและผลการวิเคราะห์ความไวในระดับเกณฑ์ความต้องการไอน้ำความดันสูงที่ 130 ตันต่อชั่วโมง ข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถทำการแปลงองค์ความรู้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ให้กลายเป็นเครื่องมือที่นำไปใช้งานได้จริงในหน้างานปฏิบัติการ โดยจัดทำเป็นระบบแจ้งเตือนระดับความเสี่ยงเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการพลังงานเชิงรุก (tiered alert system) โดยระบบแจ้งเตือนการสั่งการพลังงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม แบ่งออกเป็น 3 ระดับขั้นปฏิบัติการตามเกณฑ์ของแบบจำลอง XGBoost ได้แก่

ระดับที่ 0 สภาวะการเดินเครื่องปกติ ปริมาณความต้องการไอน้ำพยากรณ์น้อยกว่า 130 ตันต่อชั่วโมง ผู้ปฏิบัติงานรักษาสภาวะการเดินเครื่องจักรตามแผนงานปกติ ไม่จำเป็นต้องจัดซื้อพลังงานเพิ่ม

ระดับที่ 1 สภาวะเฝ้าระวัง ปริมาณความต้องการไอน้ำพยากรณ์อยู่ระหว่าง 130 ถึง 150 ตันต่อชั่วโมง ระบบจะทำการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ควบคุมหน้างานเริ่มตรวจสอบขีดความสามารถการผลิตไอน้ำภายใน และเตรียมความพร้อมของสัญญาจัดซื้อภายนอก

ระดับที่ 2 สภาวะวิกฤต ปริมาณความต้องการไอน้ำพยากรณ์มากกว่า 150 ตันต่อชั่วโมง เป็นสภาวะความต้องการขั้นสูงขั้นวิกฤต ระบบจะส่งสัญญาณเตือนภัยเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเปิดวาล์วสั่งซื้อไอน้ำเสริมจากภายนอกเข้าสู่ระบบทันทีเพื่อป้องกันแรงดันในระบบตกและรักษาระดับเสถียรภาพของการผลิต

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์ (practical application) การบูรณาการระบบแจ้งเตือนเชิงรุกในหน้างานจริง (real-time deployment) ควรนำสถาปัตยกรรมการแบ่งระดับขั้นปฏิบัติการ 3 ระดับ (ระดับ 0, 1, 2) ตามเกณฑ์ความต้องการไอน้ำที่ได้จากการวิจัย ไปพัฒนาเป็นระบบหน้าจอแสดงผล (dashboard) ในห้องควบคุมการผลิต (control room) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตัดสินใจสั่งซื้อไอน้ำเสริมจากภายนอกได้ ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบแทนการพึ่งพาประสบการณ์ส่วนบุคคล

การเชื่อมโยงระบบพยากรณ์เข้ากับวาล์วควบคุมอัตโนมัติ (automated control system) ในระยะยาว โรงงานสามารถประยุกต์ใช้ผลการพยากรณ์สถานะการสั่งซื้อไอน้ำ (order_steam = 1) ที่ระดับเกณฑ์สมดุล 130 ตันต่อชั่วโมง เชื่อมต่อกับระบบควบคุมแบบกระจายศูนย์ (distributed control system: DCS) เพื่อสั่งการเปิด-ปิดวาล์วรับไอน้ำจากภายนอกแบบกึ่งอัตโนมัติซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดจากมนุษย์และเพิ่มความรวดเร็วในการรักษาสมดุลแรงดันระบบ

เสนอการพัฒนาแบบจำลองให้เป็นลักษณะแบบฤดูกาล (Seasoning) เพิ่มเติม โดยการเก็บรวมรวมข้อมูลย้อนหลังไป 2-3 ปี เพื่อให้ชุดข้อมูลในการฝึกฝนแบบจำลอง ครอบคลุมเหตุการณ์ของโรงงาน ในหลายๆช่วงฤดูกาล ตั้งแต่เริ่มเดินระบบ ภาวะผิดปกติ และการหยุดระบบ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดลให้ดียิ่งขึ้นหรือลดค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์ความต้องการใช้ไอน้ำ

6. เอกสารอ้างอิง

Duan, L., Roestam, R., Sen, T. W., Fahmi, H., Ong, C., & Hariyanto, D. T. (2024). Machine learning algorithms for prediction of boiler steam production. *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, *5*(2), 157–172.

Kurkin, A., Hegemann, J., Kordzanganeh, M., & Melnikov, A. (2024). *Forecasting steam mass flow in power plants using the parallel hybrid network*. Terra Quantum AG.

Machado Roberty, E. A. (2021). *Predictive analytics applications for oil and gas processing facilities* (Master's thesis). Massachusetts Institute of Technology.

Mohammadigohari, M. (2021). *Energy consumption forecasting using machine learning* (Master's thesis). Rochester Institute of Technology. RIT Digital Institutional Repository.

Nassif, A. B., Eddin, M. A., Shahin, I., & Elnagar, A. (2020). Predicting the power of a combined cycle power plant using machine learning methods. In *Proceedings of the International Conference on Communications, Computing, Cybersecurity, and Informatics (CCCI)*.

Siddiqui, R., Anwar, H., Ullah, F., Ullah, R., Rehman, M. A., Jan, F., & Zaman, F. (2021). Power prediction of combined cycle power plant (CCPP) using machine learning algorithm-based paradigm.

Singh, V., & Kaewprapha, P. (2024). Machine learning-driven efficiency estimation and variable analysis in combined cycle power plants. *Science & Technology Asia*, *29*(4), 197–212.

Yang, M., Xu, X., Cheng, H., Zhan, Z., Xu, Z., Tong, L., Fang, K., & Ahmed, A. M. (2023). Industrial steam consumption analysis and prediction based on multi-source

sensing data for sustainable energy development. *Frontiers in Environmental Science*, *11*, Article 1187201.

Wright, S., & Marwala, T. (2007). *Artificial intelligence techniques for steam generator modelling*.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

กระบวนการแปรสภาพเศษอาหารเป็นวัสดุอินทรีย์สำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินด้วยกระบวนการเชิงกล–ความร้อน

พุทสายัน นราพินิจ[1] สมหมาย สารมาท[1] และ จุฑาภรณ์ ชนะถาวร[2*]

[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[2*] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

*winchana.jc@gmail.com

บทคัดย่อ

การแปรสภาพเศษอาหารด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติเป็นวัสดุปรับปรุงดิน เป็นแนวทางการจัดการขยะอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดินระดับครัวเรือนจากเศษอาหาร โดยใช้กระบวนการบดสับ อบแห้งด้วยความร้อน และกวนผสม ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิ 50–60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาให้ความร้อน 18–22 ชั่วโมง ควบคุมความเร็วรอบกวน 60 รอบต่อนาที และปริมาณเศษอาหาร 2 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาให้ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยสภาวะที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 22 ชั่วโมง ให้วัสดุที่มีความชื้นต่ำ และมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้พบว่าค่า pH สูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย และค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าข้อกำหนด จึงควรมีการปรับสัดส่วนการผสมร่วมกับวัสดุอื่นที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร ผลการศึกษาสรุปได้ว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นสามารถแปรรูปเศษอาหารเป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการขยะอินทรีย์อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : เศษอาหาร, เครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดิน, วัสดุปรับปรุงดิน, ความชื้น

Transformation of Food Waste into Organic Materials for Soil Amendment via Mechanical–Thermal Processing

Puttasayan Narapinij[1] Sommai Saramath[1] and Jutaporn Chanathaworn[2*]

[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300
[2*]School of Renewable Energy, Maejo University, Nong Han, Sansai, Chiangmai, 50290, Thailand

*winchana.jc@gmail.com

Abstract

The conversion of food waste into soil amendment materials using automated technology represents an effective source-based organic waste management approach that can reduce environmental impacts. This study aimed to design a household-scale machine for producing soil amendment materials from food waste through shredding, thermal drying, and mixing processes. The optimal production conditions were investigated, including a temperature range of 50–60 ℃, heating duration of 18–22 h, mixing speed of 60 rpm, and food waste loading of 2 kg. The results showed that temperature and heating duration affected the quality of the produced materials. The optimum condition was achieved at 55 ℃ with a heating duration of 22 h, resulting in a product with low moisture content and primary nutrient contents, including nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), within the standard range when compared with organic fertilizer criteria. However, the pH value was slightly higher than the recommended level, and the electrical conductivity exceeded the specified limit. Therefore, adjusting the blending ratio with suitable supplementary materials should be considered to improve its suitability for agricultural applications. The findings demonstrated that the developed machine could effectively convert food waste into soil amendment materials and showed potential for sustainable organic waste management applications.

Keywords: Food waste, Soil amendment machine, Soil amendment, Moisture content

1.บทนำ

เศษอาหาร (Food Waste) กลายเป็นหนึ่งในปัญหาความยั่งยืนที่สำคัญในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและระบบการจัดการขยะ (Waste Management) ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission) และเพิ่มปริมาณขยะให้กับหลุมฝังกลบ (Yin et al., 2024) เนื่องจากเศษอาหารจัดเป็นขยะอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ (Misslin et al., 2022) ทำให้เทคโนโลยีการแปรรูปสารอินทรีย์เป็นปุ๋ยหมักหรือวัสดุที่มีองค์ประกอบของแร่ธาตุได้รับความนิยมมากขึ้น เป็นวิธีลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งปุ๋ยอินทรีย์ที่ปลอดภัยและต้นทุนต่ำใช้ในทางการเกษตร (Awasthi et al., 2022) ยังมีน้ำหนักและปริมาตรลดลงทำให้สะดวกต่อการขนย้ายหลักการนำเศษอาหาร เศษขยะจากสวน และวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ มาเปลี่ยนให้มีสีดำ ร่วนซุย และมีองค์ประกอบของสารอาหาร (Kumar et al., 2024) เป็นการเพิ่มปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) ซึ่งส่งผลดีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน เช่น โครงสร้างดินและการเสริมธาตุอาหาร วิเคราะห์คุณภาพได้จากตัวบ่งชี้ทางเคมี เช่น ค่า pH อินทรีย์คาร์บอน (Organic C) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (N) และฟอสฟอรัส (P) (Bunemann et al., 2018) วิธีการนี้สามารถลดปริมาณขยะอาหารได้มากจึงลดต้นทุนการขนส่งและภาระของหลุมฝังกลบ (Zaman et al., 2021) ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระยะเวลาการหมักและประสิทธิภาพของกระบวนการแปรสภาพสารอินทรีย์ให้เป็นปุ๋ยอย่างรวดเร็ว ได้แก่ ชนิดและองค์ประกอบของสารอินทรีย์ตั้งต้น เครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) อุณหภูมิ (Temperature) ระหว่างกระบวนการ และชนิดของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Yin et al., 2024)

การศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากเครื่องผลิตปุ๋ยอัตโนมัติจากเศษอาหาร มอเตอร์ขนาด ¼ hp รอบกวน 1,500 รอบต่อนาที เวลาการย่อยสลายประมาณ 3-5 วัน สามารถเปลี่ยนขยะอินทรีย์ให้เป็นปุ๋ยหมักที่มีสารอาหารสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดปริมาณขยะโดยรวมและการใช้พื้นที่ฝังกลบในฟาร์ม (Misslin et al., 2022) จากการศึกษาการพัฒนา อุปกรณ์ทำปุ๋ยหมักเศษอาหารแบบใช้ในครัวเรือน ที่สามารถย่อยสลายเศษอาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้การบดร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดเทอร์โมฟิลิกที่คัดแยกจากเศษอาหารและไม้ผุ เพื่อเร่งกระบวนการย่อยสลาย ระยะเวลาการย่อยสลาย 4 days ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม โดยมีค่าคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้และไนโตรเจนอินทรีย์ทั้งหมด ต่ำกว่า 0.55 แสดงถึงความสมบูรณ์ของการย่อยสลาย ดัชนีการงอก (Germination Index) เท่ากับ 89.7% บ่งชี้ว่าไม่เป็นพิษต่อพืช ค่า pH เท่ากับ 5.57 และค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) เท่ากับ 1,984 μS/cm ซึ่งสะท้อนถึงคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทางการเกษตร (Zhou et al., 2020) จากการศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์หมักเศษอาหารแบบให้ความร้อน (Thermal Composter) ควบคุมอุณหภูมิที่ ±50 องศาเซลเซียส โดยการกวนแบบเกลียวที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ในการแปรรูปเศษอาหารจากผักกาดขาวและข้าวจากครัวเรือน ระยะเวลาการย่อยสลาย 3 วัน ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพเหมาะสม โดยมีค่า pH ประมาณ 7.09 ค่าการนำไฟฟ้า 552 μS/cm, ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ 7.05% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.433% ฟอสฟอรัส 0.147 mg P_2O_5/100 g และ

โพแทสเซียมทั้งหมด 0.149 mg K_2O/100 g พบว่าการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าสามารถแปรรูปเศษอาหารเป็นวัสดุที่มีประโยชน์ได้ (Zaman et al., 2021)

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาเทคโนโลยีการแปรสภาพเศษอาหารด้วยกระบวนการเชิงกล–ความร้อนสำหรับผลิตวัสดุอินทรีย์เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินโดยศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมพร้อมทั้งวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลการศึกษาคาดว่าจะสนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระดับครัวเรือนนี้สามารถลดปริมาณขยะอินทรีย์ตั้งแต่ต้นทางเพิ่มมูลค่าให้กับของเสีย และส่งเสริมการหมุนเวียนนำขยะอินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุปรับปรุงดิน

ผลิตภัณฑ์อินทรีย์จากการย่อยสลายทางชีวภาพภายใต้สภาวะควบคุมเป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการปรับปรุงดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มีธาตุอาหารรองและจุลธาตุพร้อมคุณสมบัติการปลดปล่อยธาตุอาหารแบบช้า (Slow-Release) ช่วยลดการสูญเสียจากการชะล้างเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืช เพิ่มการอุ้มน้ำในดินทราย และปรับปรุงการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินเหนียว

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตวัสดุปรับปรุงดิน (Factors Affecting Soil Amendment Production)

กระบวนการแปรสภาพเศษอาหารและสารอินทรีย์เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีความ อาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์และปัจจัยทางวิศวกรรมโดยประสิทธิภาพของกระบวนการขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักดังนี้

1) อุณหภูมิมีผลต่ออัตราปฏิกิริยาทางชีวเคมี เมแทบอลิซึม และกิจกรรมเอนไซม์ของจุลินทรีย์โดยช่วงที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอยู่ในเฟสเทอร์โมฟิลิกประมาณ 50–60 องศาเซลเซียส (Ayilara et al., 2020)

2) ระยะเวลาและการกวนผสมมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์และการถ่ายเทมวล โดยระบบย่อยสลายแบบเร่งในระดับครัวเรือนมักใช้เวลา 3-7 วัน การกวนผสมช่วยกระจายความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย (Manu et al., 2017)

3) อากาศและออกซิเจนช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์และลดการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยจุลินทรีย์แบ่งตามความต้องการออกซิเจนได้เป็นแบบใช้ออกซิเจน กึ่งใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน

4) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ (Enzyme Function) และการเจริญของจุลินทรีย์โดยช่วงที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 6.0-8.0

5) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) เป็นตัวกำหนดสมดุลธาตุอาหารในระบบย่อยสลาย โดยค่าที่เหมาะสมประมาณ 20-30 หากสูงเกินไปจะเกิดการขาดไนโตรเจน แต่หากต่ำเกินไปอาจเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย ส่งผลต่อประสิทธิภาพกระบวนการ

2.3 เทคโนโลยีการปรับสภาพและแปรรูปเชิงกลความร้อน

1) การลดขนาดเชิงกลของเศษอาหารเป็นการปรับสภาพเบื้องต้นที่เพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะและลดระยะการแพร่ของความชื้น ส่งผลให้การถ่ายเทมวลและการระเหยน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้นในกระบวนการอบแห้ง (Al-Rumaihi et al., 2022)

2) กระบวนการอบแห้งในถังให้ความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนและมวลสารร่วมกันโดยอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 22 ชั่วโมง ให้ความชื้นต่ำและรักษาธาตุอาหารได้เหมาะสม

3) การกวนผสมแบบต่อเนื่องช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของอุณหภูมิและการถ่ายเทมวล ลดจุดร้อนเฉพาะที่ และเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยความชื้น ส่งผลให้วัสดุมีความร่วนซุยเหมาะต่อการแปรสภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

4) ความเร็วรอบคือจำนวนรอบต่อหน่วยเวลา (รอบต่อนาที) ใช้ควบคุมสมรรถนะเครื่องจักรผ่านอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ โดยมีผลต่อแรงเฉือนและประสิทธิภาพการกวนผสม ซึ่งส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนและการย่อยสลายของวัสดุในระบบ

5) อัตราทดของระบบส่งกำลังเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสเตอร์ขับ (Drive Sprocket) และสเตอร์ตาม (Driven Sprocket) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบและแรงบิด

สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวคิดในการออกแบบเครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดินต้นแบบจากเศษอาหารโดยการทดสอบประสิทธิภาพเครื่อง ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังรูปที่ 1



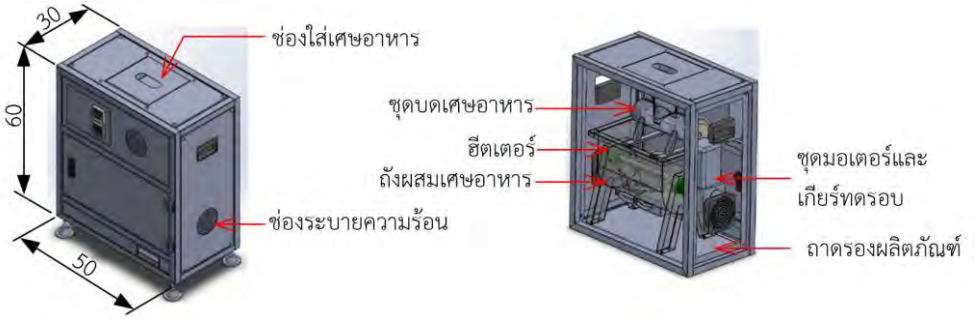
รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของกระบวนการผลิตวัสดุอินทรีย์สำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รายละเอียดและโครงสร้างของเครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดินต้นแบบ

เครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดินต้นแบบ (รูปที่ 2) ได้รับการออกแบบตามหลักวิศวกรรมเพื่อรองรับกระบวนการแปรรูปเชิงกล-ความร้อนแบบต่อเนื่อง โดยมีโครงสร้างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 × 50 × 60 เซนติเมตร ใช้วัสดุสเตนเลส (Stainless Steel) เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนจากความชื้นและสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ของเศษอาหารระหว่างกระบวนการแปรรูป

ระบบการทำงานประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบบดลดขนาด และระบบให้ความร้อนร่วมกับการกวนผสม โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ¼ hp ถ่ายทอดกำลังผ่านชุดเกียร์ทดรอบอัตราส่วน 1:25 ร่วมกับระบบโซ่และสเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบใบกวนให้คงที่ 60 รอบต่อนาที ส่งผลให้เกิดแรงเฉือนที่เหมาะสมต่อการบดและคลุกเคล้าเศษอาหาร



รูปที่ 2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหาร

ทำการติดตั้งฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 200 วัตต์ ภายในถังผสม พร้อมชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลาเพื่อควบคุมสภาวะการทำงานให้เป็นไปตามแผนการทดลองการให้ความร้อนร่วมกับการกวนผสมช่วยเร่งการระเหยความชื้นและการแปรสภาพสารอินทรีย์ให้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีลักษณะร่วนซุยโดยผลิตภัณฑ์สามารถถ่ายเทออกผ่านถาดรองบริเวณด้านล่างของเครื่อง

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ

เศษอาหารจากครัวเรือนผ่านการคัดแยกสิ่งเจือปนที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ ได้แก่ พลาสติก โลหะ และแก้วออกก่อน จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการลดขนาดเชิงกลด้วยชุดบดสับที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการย่อยสลายมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการทดลองใช้เศษอาหารปริมาณ 2 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการลดขนาดเชิงกล

3.3 การผลิตวัสดุอินทรีย์เป็นวัสดุปรับปรุงดินด้วยเครื่องต้นแบบ

ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนต่อกระบวนการแปรรูปเชิงกล-ความร้อน โดยกำหนดระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการให้ความร้อน 18, 20 และ 22 ชั่วโมง บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ ปริมาณความชื้น ค่า pH ปริมาณธาตุอาหาร (N, P, K) รวมถึงปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และค่าการนำไฟฟ้า เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการในแต่ละสภาวะการทดลอง

4. ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุ

(1) ผลของเวลาต่อลักษณะทางกายภาพที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการให้ความร้อน 18 ชั่วโมง วัสดุมีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลดำมีลักษณะเหลวข้นและเกิดการจับตัวเป็นก้อนบางส่วนโดยโครงสร้างยังไม่แตกตัวสมบูรณ์และยังมีความชื้นหลงเหลือภายในเนื้อวัสดุ (รูปที่ 4(ก)) สอดคล้องกับการทดลองของ Kumar et al (2024) ในการผลิตปุ๋ยด้วยเครื่องอัตโนมัติจากเศษอาหาร

เมื่อระยะเวลาเพิ่มเป็น 20 ชั่วโมง วัสดุมีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลดำเช่นเดียวกันแต่มีการจับตัวเป็นก้อนขนาดไม่สม่ำเสมอพื้นผิวค่อนข้างหยาบและแน่นแสดงถึงการรวมตัวของอนุภาคอินทรีย์ (รูปที่ 4(ข))

วัสดุมีสีน้ำตาลเข้มที่ระยะเวลา 22 ชั่วโมง โครงสร้างประกอบด้วยก้อนขนาดใหญ่และเล็กผสมกันมีความแห้งมากขึ้นและโครงสร้างแน่นขึ้นสะท้อนการระเหยความชื้นที่เพิ่มขึ้นทำให้วัสดุมีลักษณะใกล้เคียงวัสดุปรับปรุงดินที่เสถียรขึ้นแม้ยังไม่เป็นผงร่วนสมบูรณ์ (รูปที่ 4(ค))



รูปที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา (ก) 18 ชั่วโมง (ข) 20 ชั่วโมง และ (ค) 22 ชั่วโมง

(2) ผลของเวลาต่อลักษณะทางกายภาพที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

วัสดุมีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลดำที่ระยะเวลา 18 ชั่วโมง มีการจับตัวเป็นก้อนบางส่วน โครงสร้างยังไม่เสถียรและมีความชื้นค่อนข้างสูง แสดงถึงการย่อยสลายระยะแรกของสารอินทรีย์ (รูปที่ 5(ก))

วัสดุมีสีน้ำตาลเข้ม ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง เริ่มเกิดการจับตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่และเล็กปะปนกัน เนื้อวัสดุมีความแน่นเพิ่มขึ้นแสดงถึงการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 5(ข))

เมื่อเพามระยะเวลาเป็น 22 ชั่วโมง วัสดุมีลักษณะเป็นก้อนร่วนละเอียดสีน้ำตาลเข้ม มีความสม่ำเสมอมากขึ้นโครงสร้างใกล้เคียงวัสดุปรับปรุงดินที่มีความเสถียรแสดงถึงการย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพสูง (รูปที่ 5(ค))



รูปที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา (ก) 18 ชั่วโมง (ข) 20 ชั่วโมง และ (ค) 22 ชั่วโมง

(3) ผลของเวลาต่อลักษณะทางกายภาพที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการให้ความร้อน 18 ชั่วโมง วัสดุมีสีน้ำตาลเข้ม ลักษณะเนื้อวัสดุผสมระหว่างผงและเม็ดหยาบ และเริ่มมีกลิ่นไหม้เล็กน้อย ซึ่งเป็นสัญญาณเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาไหม้เกรียม มีลักษณะเป็นก้อนขนาดไม่สม่ำเสมอพื้นผิวค่อนข้างหยาบ (รูปที่ 6(ก))

ระยะเวลาการให้ความร้อน 20 ชั่วโมง และ 22 ชั่วโมง วัสดุมีกลิ่นไหม้รุนแรงมากขึ้น เนื้อสัมผัสเป็นผงหยาบและจับตัวเป็นก้อนขนาดเล็ก สภาพวัสดุเปลี่ยนเป็นอนุภาคและก้อนสีเข้มขึ้นเป็นน้ำตาลดำเกือบดำพื้นผิวแห้งและแน่นมากขึ้น สะท้อนการระเหยความชื้นที่สูงขึ้น และเริ่มเกิดการสลายตัวภายใต้ความร้อนอย่างชัดเจน (รูปที่ 8(ข) และ 8(ค)) นอกจากนี้ความร้อนสะสมที่สูงยังทำให้เศษอาหารบางส่วนเกิดการไหม้เกรียมและเกาะติดแน่นบริเวณผนังถังให้ความร้อน



รูปที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา (ก) 18 ชั่วโมง (ข) 20 ชั่วโมง และ (ค) 22 ชั่วโมง

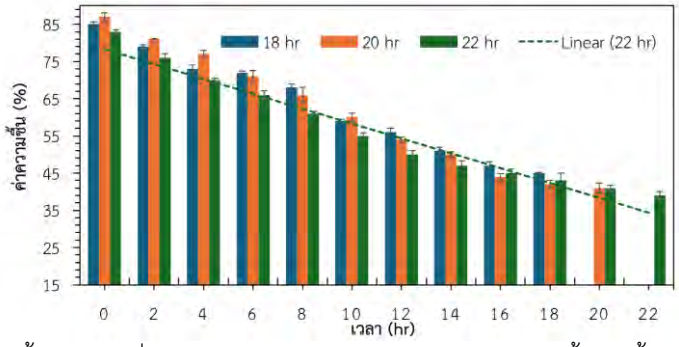
4.2 ผลของปัจจัยต่อค่าความชื้นของวัสดุ

(1) ผลของเวลาต่อค่าความชื้นของวัสดุ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ความชื้นของวัสดุปรับปรุงดินในทุกสภาวะการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 7 ที่ระยะเวลาการให้ความร้อน 18 ชั่วโมง วัสดุมีค่าความชื้นประมาณ 45% ระยะเวลาการให้ความร้อน 20 ชั่วโมง ค่าความชื้นลดลงเหลือประมาณ 41% และยังมีความชื้นหลงเหลืออยู่บางส่วน

เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 22 ชั่วโมง วัสดุมีค่าความชื้น 39% สะท้อนการระเหยความชื้นที่เพิ่มขึ้นจากการได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องและระยะเวลาการให้ความร้อนที่ยาวนาน ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระในวัสดุลดลงและเอื้อต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

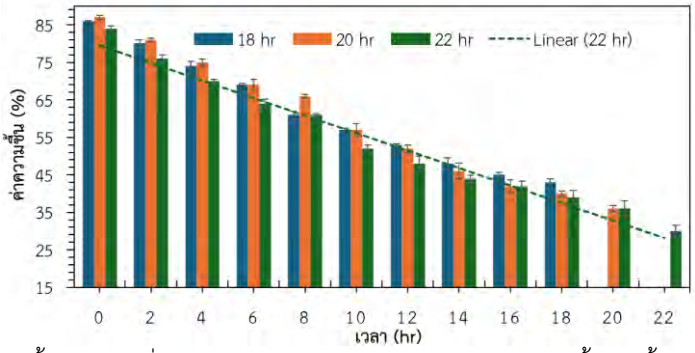
อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศไทยพบว่าค่าความชื้นในทุกสภาวะยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตรกำหนดให้ความชื้นปุ๋ยอินทรีย์ต้องไม่เกิน 30% เพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ลดการเสื่อมสภาพ และป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์



รูปที่ 7 ค่าความชื้นของวัสดุที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ความร้อน 18-22 ชั่วโมง

(2) ผลของเวลาต่อค่าความชื้นของวัสดุ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

รูปที่ 8 แสดงแนวโน้มความชื้นของวัสดุที่ลดลงตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น ในช่วง 10 ชั่วโมง ความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วจาก 84-87% เป็น 52-57% เนื่องจากการระเหยของน้ำอิสระที่ผิววัสดุ จากนั้นอัตราการลดลงของความชื้นเริ่มชะลอตัว เนื่องจากเป็นน้ำที่ยึดเกาะอยู่ภายในโครงสร้างวัสดุ การให้ความร้อน 18 ชั่วโมง วัสดุมีค่าความชื้น 43% เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 20 ชั่วโมง ค่าความชื้นลดลงเหลือประมาณ 36% แสดงถึงการสูญเสียน้ำและการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 8 ค่าความชื้นของวัสดุที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ความร้อน 18-22 ชั่วโมง

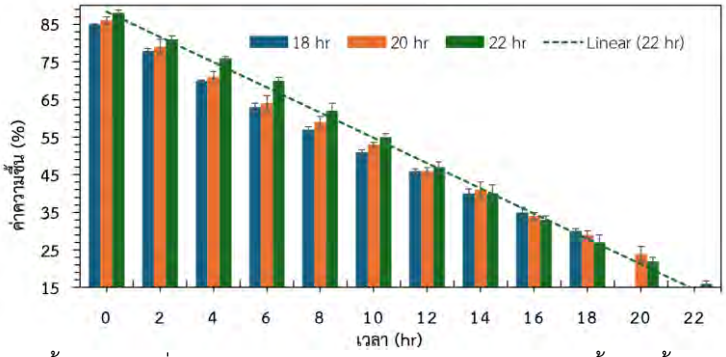
วัสดุมีค่าความชื้นต่ำที่สุดประมาณ 29% ที่ระยะเวลา 22 ชั่วโมง สะท้อนการระเหยน้ำที่มีประสิทธิภาพและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างวัสดุอินทรีย์ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานค่าความชื้นที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร สอดคล้องกับรายงานของ Kumar et al. (2024) ที่ระบุว่าเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนหรือการหมักเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภายใต้อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะช่วยเร่งการระเหยน้ำและทำให้ค่าความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง

(3) ผลของเวลาต่อค่าความชื้นของวัสดุ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ค่าความชื้นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แสดงดังรูปที่ 9 เนื่องจากการระเหยความชื้นที่ต่อเนื่องภายใต้สภาวะความร้อนสะสมในระบบ ระยะเวลาการให้ความร้อน

18 ชั่วโมง วัสดุมีค่าความชื้นประมาณ 30% เนื่องจากยังมีความชื้นหลงเหลือภายในโครงสร้างวัสดุ ค่าความชื้นลดลงเหลือประมาณ 24% ที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง สะท้อนการระเหยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการให้ความร้อนต่อเนื่อง

ระยะเวลาการให้ความร้อน 22 ชั่วโมง ค่าความชื้นลดลงเหลือประมาณ 16% ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก แสดงถึงการสูญเสียความชื้นอย่างรุนแรงจากระยะเวลาการให้ความร้อนที่ยาวนานและการสะสมความร้อนในระบบ ส่งผลให้วัสดุมีความแห้งมากและเริ่มมีแนวโน้มเกิดการลุกไหม้ของสารอินทรีย์บางส่วน



รูปที่ 9 ค่าความชื้นของวัสดุที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ความร้อน 18-22 ชั่วโมง

4.3 ผลของน้ำหนักของวัสดุปรับปรุงดิน

ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลโดยตรงต่อการลดน้ำหนักของเศษอาหารอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระยะเวลา 22 ชั่วโมง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วัสดุมีน้ำหนักคงเหลือสูงสุด 32.75% (น้ำหนักลดลง 67.25%) เนื่องจากการระเหยความชื้นยังไม่สมบูรณ์ ทำให้วัสดุยังคงจับตัวเป็นก้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 55 องศาเซลเซียส น้ำหนักคงเหลือลดลงเหลือ 15.00% (ประมาณ 0.3 กิโลกรัม จาก 2 กิโลกรัม) สะท้อนสภาวะที่เหมาะสมต่อการได้วัสดุที่แห้งและร่วนซุยสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส น้ำหนักคงเหลือลดลงต่ำสุดที่ 10.25% เนื่องจากสภาวะความร้อนสูงและระยะเวลานาน ทำให้เกิดการสูญเสียมวลมากเกินไปรวมถึงการสลายตัวและไหม้เกรียมของสารอินทรีย์บางส่วนส่งผลให้วัสดุติดถังให้ความร้อน

4.4 ผลการวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดิน

จากผลการวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ความร้อน 22 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) อยู่ในระดับที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าและค่า pH ยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากกระบวนการยังไม่ได้ใช้จุลินทรีย์เสริมในการเร่งการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับ	รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	มาตราฐานปุ๋ยอินทรีย์
1	ค่า pH	5.3	5.5 - 8.5

ลำดับ	รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	มาตราฐานปุ๋ยอินทรีย์
2	EC (μS/cm)	11,520	ไม่เกิน 6,000 μS/cm
3	% Total N	3.26	มากกว่า 1% ขึ้นไป
4	% Total P	0.60	มากกว่า 0.5% ขึ้นไป
5	% Total K	0.74	มากกว่า 0.5% ขึ้นไป
6	% OM	80.33	ไม่น้อยกว่า 30% โดยน้ำหนัก
7	% OC	46.59	-

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารพบว่าสภาวะที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาในการให้ความร้อน 22 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถลดความชื้นลงเหลือประมาณ29% และมีน้ำหนักคงเหลือ 15% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนร่วนละเอียด มีความสม่ำเสมอ ด้านคุณภาพทางเคมี พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N = 3.26%, P = 0.60, K = 0.74) และปริมาณอินทรียวัตถุ (OM = 80.33%) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ แม้ว่าค่าการนำไฟฟ้า (EC = 11,520 S/cm) จะสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH = 5.3) มีความเป็นกรดต่ำกว่าเกณฑ์เล็กน้อยแต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากงานวิจัยนี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน (Soil Amendment) ไม่ใช่ปุ๋ยอินทรีย์เชิงพาณิชย์ค่าดังกล่าวจึงยังมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงโครงสร้างดินและการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินมากกว่าการใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารหลักโดยตรง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายธนวัฒน์ ชำนาญกลิ้ง และ นายนัฐพงษ์ เทียนครบุรี นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการติดตั้ง และทดสอบระบบภาคปฏิบัติการอย่างเต็มความสามารถ

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2565). ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา, 139(ตอนพิเศษ 62 ง), 12–15.

Al-Rumaihi, A., McKay, G., & Al-Ansari, T. (2022). Environmental impact assessment of decentralized food waste management technologies. Chemosphere, 294, Article 133742.

Awasthi, S. K., Awasthi, M., Kumar, S., Sarsaiya, S., Ahluwalia, V., Chen, H., Kaur, G., Sirohi, R., Sindhu, R., Binod, P., Pandey, A., Rathour, R., Kumar, S., Singh, L., Zhang, Z., Taherzadeh, M. J., Awasthi, M. K., Ravindran, B., Chang, S. W., . . . Zhang, Z. (2022). Multi-criteria research lines on livestock manure biorefinery development towards a circular economy: From the perspective of a life cycle assessment and business models strategies. *Journal of Cleaner Production*, *341*, Article 130862.

Bunemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mader, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J. W., & Brussaard, L. (2018). Soil quality – a critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, *120*, 105–125.

Kumar, V. D., Harini, K. A., Anwar, A., & Dakshin, D. S. (2024). Organic waste composting machine. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, *2*(2), 297–302.

Misslin, R., Clivot, H., Levavasseur, F., Villerd, J., Soulié, J. C., Houot, S., & Thérond, O. (2022). Integrated assessment and modeling of regional recycling of organic waste. *Journal of Cleaner Production*, *379*, Article 134725.

Sohoo, I., Ritzkowski, M., Heerenklage, J., & Kuchta, K. (2021). Biochemical methane potential of residual food waste and optimization of thermal pretreatment. *Energies*, *14*(21), 7299.

Yin, J., Xie, M., Yu, X., Feng, H., Wang, M., Zhang, Y., & Chen, T. (2024). A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. *Environmental Pollution*, *342*, Article 123125.

Zhou, X., Yang, J., Xu, S., Wang, J., Zhou, Q., Li, Y., & Tong, X. (2020). Rapid in-situ composting of household food waste. *Process Safety and Environmental Protection*, *141*, 259–266.

Zaman, B., Hardyanti, N., & Purwono, P. (2021). Fast composting of food waste using thermal composter. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 896(1).



ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน กรณีศึกษา: โรงงานในเชียงใหม่

ชัยวัฒน์ กิตติเดชา[1*] วีรศักดิ์ ปัญญาราช[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* chaiwatkit@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานในโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยการใช้การออกแบบการทดลองแบบผสมและใช้ความต้านทานแรงอัดเป็นตัวชี้วัดซึ่งต้องการค่าที่มากขึ้นหรืออย่างน้อยเท่าเดิม นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตและสามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบได้ ส่วนผสมที่ควบคุมได้แก่ 1) ดินแดง 2) ปูนซีเมนต์ 3) ทราย 4) หินเกร็ด ในปัจจุบันใช้ส่วนผสมคือดินแดง 32.6% ปูนซีเมนต์ 20.4% ทราย 40.8% หินเกร็ด 6.2% ความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 50.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต้นทุนค่าวัสดุเท่ากับ 2.6 บาทต่อก้อน

ผู้วิจัยใช้การออกแบบส่วนผสมแบบเอ็กทรีมเวอร์ทิสจำนวน 42 การทดลอง โดยกำหนดค่าสูงและค่าต่ำในแต่ละส่วนผสมคือ ดินแดง 48.9% และ 28.5 %ปูนซีเมนต์ 21.4% และ 10.2 % ทราย 48.9% และ 28.5 % หินเกร็ด 9.3% และ 5.9% จากการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมมี 2 รูปแบบ คือรูปแบบที่ 1 ดินแดง 31.5% ปูนซีเมนต์ 21.4% ทราย 37.8% หินเกร็ด 9.3% ค่าความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 54.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต้นทุนค่าวัสดุเท่ากับ 2.7 บาทต่อก้อน และรูปแบบที่ 2 ดินแดง 31.4% ปูนซีเมนต์ 18.9% ทราย 43.9% หินเกร็ด 5.9% ค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ที่ 50.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต้นทุนค่าวัสดุเท่ากับ 2.45 บาทต่อก้อน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับส่วนผสมในปัจจุบันพบว่ารูปแบบที่ 1 มีต้นทุนเพิ่มขึ้น 0.1 บาทต่อก้อนแต่ค่าความต้านทานแรงอัดมากขึ้น 4.23 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และรูปแบบที่ 2 ค่าความต้านทานแรงอัดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ต้นทุนลดลง 0.15 บาทต่อก้อน จึงเป็นสูตรส่วนผสมที่เหมาะที่สุดในการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

คำสำคัญ: การทดลองแบบผสมแบบเอ็กทรีมเวอร์ทิส, ค่าความต้านทานแรงอัด, อิฐบล็อกประสาน

Suitable Ingredients for Interlocking Block Production: A Case Study of a Factory in Chiang Mai Province

Chaiwat Kittidecha[1*] Weerasak Panyarach [1]

[1] Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* chaiwatkit@rmutl.ac.th

Abstract

The objective of this research is to find the optimal mixture for producing compressed earth blocks at a case study factory in Chiang Mai province. This was achieved using a mixture of experimental design and compressive strength as the indicator, aiming for a higher or at least the same value. This led to improvements in the production process and a reduction in raw material costs. The controlled ingredients were 1) red soil, 2) cement, 3) sand, and 4) gravel. Currently, the mixture used is 32.6% red soil, 20.4% cement, 40.8% sand, and 6.2% gravel. The compressive strength is 50.0 ksc(kg/cm²), and the material cost is 2.6 baht per block.

The researcher used an extreme vertices design with 42 experiments, setting high and low values for each component: red soil 48.9% and 28.5%, cement 21.4% and 10.2%, sand 48.9% and 28.5%, and gravel 9.3% and 5.9%. The experiments revealed that the optimal mixtures were of two patterns: Pattern 1: red soil 31.5%, cement 21.4%, sand 37.8%, gravel 9.3%, compressive strength 54.3 ksc(kg/cm²), material cost 2.7 baht per block; and Pattern 2: red soil 31.4%, cement 18.9%, sand 43.9%, gravel 5.9%, compressive strength 50.5 ksc(kg/cm²), material cost 2.45 baht per block. Compared to the current mixture, Pattern 1 has an increased cost of 0.1 baht per block but a higher compressive strength of 4.23 kilograms per square centimeter. Pattern 2 has similar compressive strength but a reduced cost of 0.15 baht per block, making it the most suitable mixture for the case study factory's production.

Keyword: Extreme vertices mixture design, Compressive strength, Interlocking block bricks

1. บทนำ

โรงงานอิฐแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่มีการผลิตอิฐหลายประเภทเช่น อิฐบล็อกประสาน อิฐบล็อกช่องลม อิฐมอญ อิฐมวลเบา เป็นต้น รวมทั้งเครื่องปั้นดินเผา โดยหนึ่งในผลิตภัณฑ์คืออิฐบล็อกประสานดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นอิฐสำหรับการก่อสร้างเพื่อรับน้ำหนักโดยให้มีรูและเดือย มีส่วนผสมของดิน ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังอาจมีส่วนผสมที่ใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาใช้เป็นส่วนประกอบ นำมาอัดในแม่พิมพ์ให้เป็นก้อนด้วยเครื่องจักร บ่มให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 7-14 วัน จะได้เป็นอิฐบล็อกคอนกรีตที่มีความแข็งแกร่ง รูปลักษณะพิเศษโดดเด่นตามพิมพ์ที่ได้ออกแบบ สามารถนำไปใช้ก่อสร้างอาคารต่างๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำ ซึ่งมีจุดเด่นเรื่องความประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป [1]

รูปที่ 1 อิฐบล็อกประสาน



จากสภาพปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการแข่งขันสูงทั้งด้านราคาหรือด้านคุณภาพของสินค้า ตลอดจนความต้องการของลูกค้าที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ทุกอุตสาหกรรมจึงจำเป็นต้องปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานเพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันให้มากขึ้นรวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตด้วย จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกประสานต่อการผลิตหนึ่งครั้ง (โม่) คือใช้ดินแดง 80 กิโลกรัม ทราย 100 กิโลกรัม ปูนซีเมนต์ 50 กิโลกรัม และหินเกร็ด 15 กิโลกรัม ผสมกับน้ำสามารถอัดเป็นอิฐบล็อกได้จำนวน 84 ก้อน ทั้งนี้แนวโน้มราคาวัตถุดิบมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จากเดิมราคากระสอบละ 125 บาท ปัจจุบันราคากระสอบละ 180 บาท ทำให้ผู้ประกอบการต้องแบกรับต้นทุนที่มากขึ้น โดยเมื่อคิดเป็นต้นทุนด้านวัสดุได้เท่ากับ 2.60 บาทต่อก้อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นส่วนผสมของวัตถุดิบเป็นหลักว่าจะปรับอัตราส่วนให้สามารถลดต้นทุนการผลิตโดยที่มีคุณภาพเท่าเดิมหรือมากกว่า ซึ่งคุณภาพในที่นี้คือค่าต้านแรงอัด เครื่องมือการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments : DOE) ถูกนำมาใช้ในการสร้างการทดลองเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานที่มีค่าต้านแรงอัดเท่าเดิมหรือมากกว่าและมีต้นทุนด้านวัสดุลดลง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE)

ในการตัดสินใจทางวิศวกรรมก่อนที่จะทำการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีสาระสนเทศครบถ้วนนั้น จำเป็นจะต้องมีการวางแผนการทดลองที่ดีเสียก่อนเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและเข้ามาปะปนในข้อมูลซึ่งอาจจะส่งผลทำให้การวิเคราะห์การทดลองมีความผิดพลาดได้ ดังนั้นก่อนทำการทดลองจึงจำเป็นต้องทำการออกแบบการทดลองเสียก่อน หลักการที่สำคัญมีอยู่ 3 ประการคือ การซ้ำ (Replication) การสุ่ม (Randomization) และการสกัดกั้น (Blocking) สามารถแบ่งขั้นตอนหลักๆ ประกอบด้วย (1) การระบุปัญหา (2) การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย และ (3) การเลือกตัวแปรตอบสนองจากขั้นตอนทั้งสามเป็นขั้นตอนของการวางแผนก่อนการทดลอง (Pre-Experimental Planning) ถ้าสามารถระบุสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนแล้ว ในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองก็จะมีความง่าย ผู้ทดลองจำเป็นจะต้องทำการเลือกรูปแบบการทดลองโดยนำสาระที่ได้จากทุกขั้นตอนมาทำการพิจารณาและเลือกรูปแบบการทดลอง (การสุ่ม) รวมไปถึงการกำหนดว่าจะใช้การสกัดกั้นในการทดลองหรือไม่ด้วย [2]

2.2 การออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design)

การทดลองวิเคราะห์ค่าผลตอบที่เป็นฟังก์ชันของเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบ มีวัตถุประสงค์คือสำรวจผลตอบเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละส่วนประกอบที่จะทำให้ผลตอบมีค่าที่ดีที่สุด หรือเป็นไปตามที่ผู้จัดทำต้องการการทดลองแบบผสม เป็นการออกแบบพื้นผิวตอบสนองประเภทหนึ่งที่มีข้อจำกัดคือ ระดับของปัจจัยหรือส่วนประกอบจะไม่เป็นอิสระต่อกัน [3]

2.3 การออกแบบแบบเอ็กทรีมเวอร์ทิส (Extreme Vertices)

การออกแบบการทดลองแบบที่มีข้อจำกัดสัดส่วน (Design with constrain on proportion) หรือแบบที่มีข้อจำกัด (Constrained mixture design) คือแผนการทดลองที่ระดับในแต่ละปัจจัยไม่จำเป็นต้องเป็น 0 – 100% โดยอาจเป็น 30 – 40% (0.30-0.40) หรือ 15 -25% (0.15–0.25) เป็นต้น [4]

2.4 การทดสอบแรงอัด (Compression Test)

การทดสอบการตอบสนองของวัสดุเมื่อมีแรงกด (Compression force) มากระทำ เป็นวิธีที่ใช้การที่ใช้วิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) โดยการใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรง ทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) มีความสูงหรือ ความยาวหดสั้นเข้าตามทิศทางของแรงที่กระทำโดยใช้หัววัดทรงกระบอกหรือหัววัดที่มีลักษณะเป็นจานแบนกดลงบนตัวอย่าง หัววัดที่ใช้ในการทดสอบควรมีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่าขนาดของตัวอย่าง ควรวางชิ้นทดสอบให้อยู่กึ่งกลางของหัววัด และใช้หลักการเพิ่มแรง (force) หรือความเค้นโดยกดอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอ แล้ววัดค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง [5]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนของการผลิตอิฐบล็อกประสานประกอบด้วย 1) การจัดเตรียมส่วนผสมได้แก่ ปูนซีเมนปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด ดินแดง หินฝุ่น และน้ำสะอาด 2) ลงเครื่องโม่ทำการผสมให้เข้ากัน เติมน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้ได้ประมาณ 23% โดยใช้มือขยำดินให้ติดกันเป็นก้อน 3) ปล่อยลงเครื่องร่อนซึ่งเป็นตะแกรงหยาบเพื่อแยกเศษกิ่งไม้ออก 4) เข้าสู่การอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 2 5) ดันชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วมาวางบนไม้กระดาน ซ้อนกันเป็นชั้นๆแล้วทิ้งไว้หนึ่งคืน



รูปที่ 2 แม่พิมพ์อัดอิฐบล็อก

ผู้วิจัยใช้โปรแกรมมินิแทบสร้างการทดลองแบบผสมแบบเอ็กทรีมเวอร์ทิส ส่วนผสมที่ควบคุมได้แก่ 1) ดินแดง 2) ปูนซีเมนต์ 3) ทราย 4) หินเกร็ด และกำหนดระดับปัจจัยต่างๆ ได้ดังตารางที่ 1 จะได้การทดลองจำนวน 42 ลำดับ จากนั้นทำการขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานตามลำดับ นำอิฐบล็อกประสานที่ได้ไปทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัด โดยแต่ละลำดับนั้นทำการทดสอบ 3 ครั้ง นำค่าเฉลี่ยมาทำการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 1 ระดับของปัจจัย

ส่วนผสม	ระดับสูง	ระดับต่ำ
ทราย	48.9%	28.5%
ปูน	10.2%	21.4%
หินเกล็ด	5.9%	9.3%
ดินแดง	31%	40.8%

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานของโรงงานกรณีศึกษาในเชียงใหม่พบว่าปัจจุบันใช้ส่วนผสมคือดินแดง 32.6% ปูนซีเมนต์ 20.4% ทราย 40.8% หินเกร็ด 6.2% ความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 50.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Kilogram per Square Centimeter: ksc) ต้นทุนค่าวัสดุเท่ากับ 2.6 บาทต่อก้อน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตามส่วนผสมที่ได้จากโปรแกรมมินิแทบและนำไปวัดค่าความต้านทานแรงอัดได้ดังตารางที่ 2

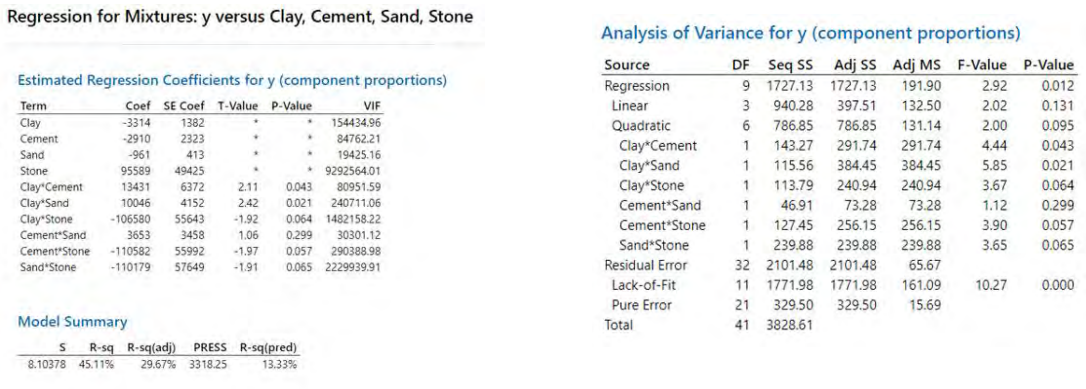
ตารางที่ 2 ผลการทดลอง

ลำดับ	ดินแดง	ปูนซีเมนต์	ทราย	หินเกร็ด	ค่าความต้านทานแรงอัดครั้งที่ 1 (ksc)	ค่าความต้านทานแรงอัดครั้งที่ 2 (ksc)	ค่าค่าความต้านทานแรงอัดครั้งที่ 3 (ksc)	ค่าเฉลี่ยค่าความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	0.381	0.127	0.425	0.068	24.799	32.63	32.63	30.02
2	0.31	0.214	0.383	0.093	45.683	45.683	46.988	46.118
3	0.332	0.13	0.454	0.085	20.883	22.189	22.189	21.754
4	0.31	0.214	0.417	0.059	44.377	50.903	48.293	47.858
5	0.332	0.183	0.401	0.085	45.683	52.209	52.209	50.033
6	0.332	0.183	0.418	0.068	43.072	50.251	48.293	47.205
7	0.31	0.214	0.383	0.093	56.124	71.787	67.871	65.261
8	0.332	0.147	0.454	0.068	39.156	43.072	41.767	41.332
9	0.381	0.127	0.408	0.085	41.767	23.494	35.241	33.501
10	0.316	0.102	0.489	0.093	57.43	71.787	61.345	63.521
11	0.354	0.151	0.419	0.076	60.04	57.43	58.735	58.735
12	0.31	0.142	0.489	0.059	41.767	44.377	43.072	43.072
13	0.31	0.142	0.489	0.059	41.767	44.377	43.072	43.072
14	0.408	0.102	0.397	0.093	33.936	31.325	33.936	33.065
15	0.335	0.127	0.454	0.085	48.293	44.377	46.988	46.553
16	0.381	0.183	0.369	0.068	54.819	49.598	53.514	52.644

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการทดลอง

ลำดับ	ดินแดง	ปูนซีเมนต์	ทราย	หินเกร็ด	ค่าความต้านทานแรงอัดครั้งที่ 1 (ksc)	ค่าความต้านทานแรงอัดครั้งที่ 2 (ksc)	ค่าค่าความต้านทานแรงอัดครั้งที่ 3 (ksc)	ค่าเฉลี่ยค่าความต้านทานแรงอัด (ksc)
17	0.332	0.183	0.418	0.068	43.072	48.946	48.293	46.77
18	0.354	0.151	0.419	0.076	57.43	60.04	57.43	58.3
19	0.381	0.127	0.425	0.068	26.104	32.63	30.02	29.585
20	0.31	0.108	0.489	0.093	48.293	40.462	43.072	43.942
21	0.408	0.214	0.319	0.059	49.598	48.293	49.598	49.163
22	0.332	0.147	0.454	0.068	39.156	39.156	41.767	40.027
23	0.408	0.102	0.431	0.059	37.851	33.936	35.241	35.676
24	0.35	0.102	0.489	0.059	39.156	39.156	40.462	39.592
25	0.352	0.127	0.454	0.068	54.819	46.988	50.903	50.903
26	0.335	0.127	0.454	0.085	48.293	44.377	45.683	46.118
27	0.332	0.183	0.401	0.085	46.988	54.819	49.598	50.468
28	0.381	0.183	0.352	0.085	44.377	46.988	46.988	46.118
29	0.35	0.102	0.489	0.059	50.903	48.293	49.598	49.598
30	0.332	0.13	0.454	0.085	33.936	30.02	31.325	31.76
31	0.31	0.108	0.489	0.093	48.293	40.462	45.683	44.812
32	0.408	0.214	0.285	0.093	31.325	48.293	44.377	41.332
33	0.408	0.102	0.397	0.093	33.936	31.325	33.936	33.065
34	0.408	0.214	0.285	0.093	32.63	45.683	43.072	40.462
35	0.316	0.102	0.489	0.093	58.082	71.787	61.345	63.738
36	0.408	0.102	0.431	0.059	33.936	33.936	32.63	33.501
37	0.31	0.214	0.417	0.059	45.03	50.903	48.293	48.075
38	0.381	0.183	0.369	0.068	54.819	49.598	53.514	52.644
39	0.408	0.214	0.319	0.059	41.767	52.209	50.903	48.293
40	0.381	0.127	0.408	0.085	41.767	23.494	35.241	33.501
41	0.381	0.183	0.352	0.085	54.819	41.767	49.598	48.728
42	0.352	0.127	0.454	0.068	45.683	39.156	41.767	42.202

จากตารางที่ 2 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ ANOVA (Analysis of Variance) ได้ดังรูปที่ 3



Regression for Mixtures: y versus Clay, Cement, Sand, Stone

Estimated Regression Coefficients for y (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Clay	-3314	1382	*	*	154434.96
Cement	-2910	2323	*	*	84762.21
Sand	-961	413	*	*	19425.16
Stone	95589	49425	*	*	9292564.01
Clay*Cement	13431	6372	2.11	0.043	80951.59
Clay*Sand	10046	4152	2.42	0.021	240711.06
Clay*Stone	-106580	55643	-1.92	0.064	1482158.22
Cement*Sand	3653	3458	1.06	0.299	30301.12
Cement*Stone	-110582	55992	-1.97	0.057	290388.98
Sand*Stone	-110179	57649	-1.91	0.065	2229939.91

Model Summary

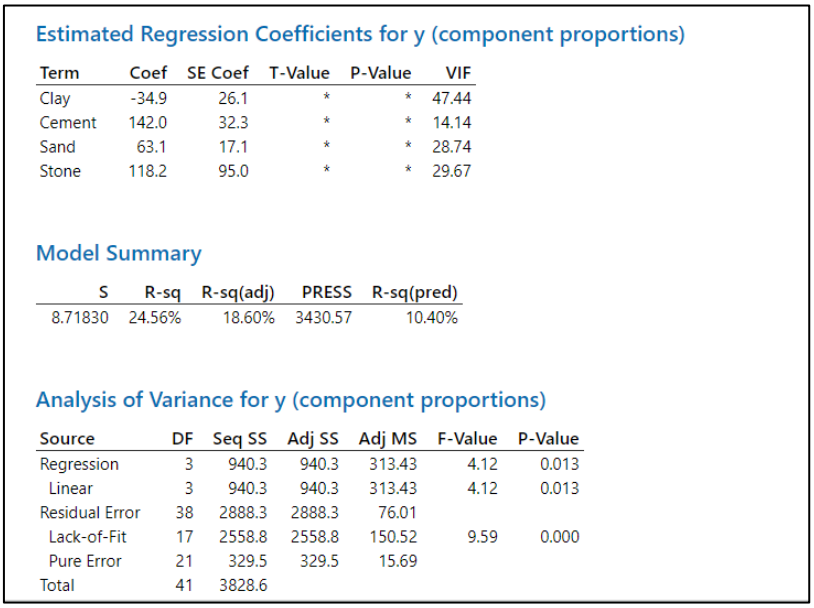
S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)
8.10378	45.11%	29.67%	3318.25	13.33%

Analysis of Variance for y (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	9	1727.13	1727.13	191.90	2.92	0.012
Linear	3	940.28	397.51	132.50	2.02	0.131
Quadratic	6	786.85	786.85	131.14	2.00	0.095
Clay*Cement	1	143.27	291.74	291.74	4.44	0.043
Clay*Sand	1	115.56	384.45	384.45	5.85	0.021
Clay*Stone	1	113.79	240.94	240.94	3.67	0.064
Cement*Sand	1	46.91	73.28	73.28	1.12	0.299
Cement*Stone	1	127.45	256.15	256.15	3.90	0.057
Sand*Stone	1	239.88	239.88	239.88	3.65	0.065
Residual Error	32	2101.48	2101.48	65.67		
Lack-of-Fit	11	1771.98	1771.98	161.09	10.27	0.000
Pure Error	21	329.50	329.50	15.69		
Total	41	3828.61				

รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเบื้องต้น

จากรูปที่ 3 พบว่าตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติส่วนใหญ่เป็นตัวแปรหลัก (main effect) ส่วนตัวแปรอิทธิพลร่วม (Interaction) ไม่มีนัยสำคัญหลายตัว ทางผู้วิจัยจึงขอตัดตัวแปรอิทธิพลร่วมออกในการวิเคราะห์ต่อไปได้ดังรูปที่ 4



Estimated Regression Coefficients for y (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Clay	-34.9	26.1	*	*	47.44
Cement	142.0	32.3	*	*	14.14
Sand	63.1	17.1	*	*	28.74
Stone	118.2	95.0	*	*	29.67

Model Summary

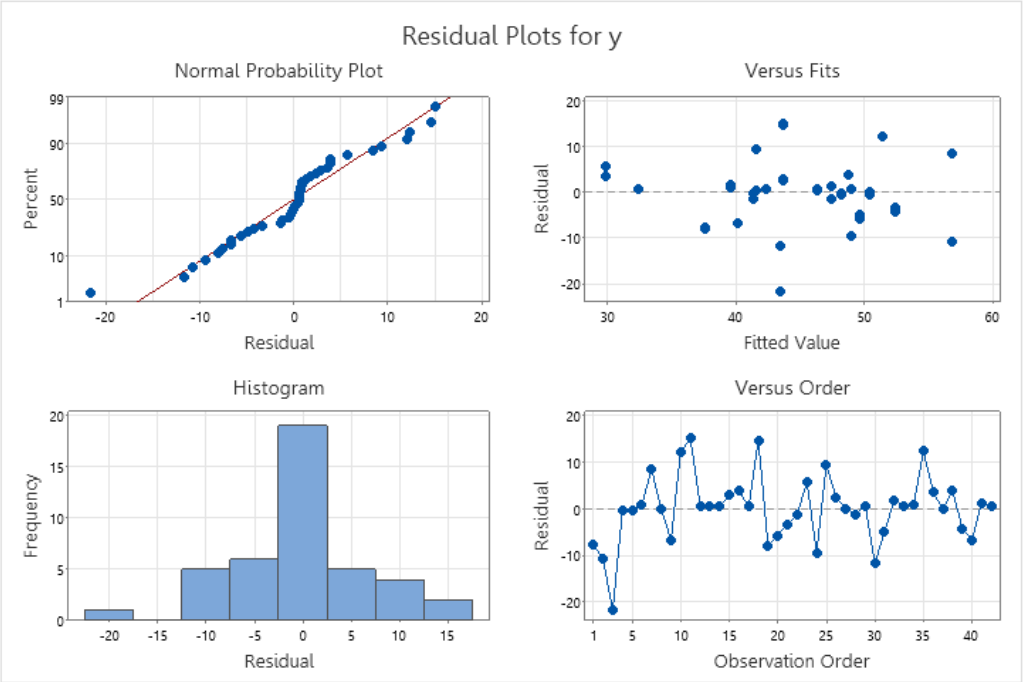
S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)
8.71830	24.56%	18.60%	3430.57	10.40%

Analysis of Variance for y (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	940.3	940.3	313.43	4.12	0.013
Linear	3	940.3	940.3	313.43	4.12	0.013
Residual Error	38	2888.3	2888.3	76.01		
Lack-of-Fit	17	2558.8	2558.8	150.52	9.59	0.000
Pure Error	21	329.5	329.5	15.69		
Total	41	3828.6				

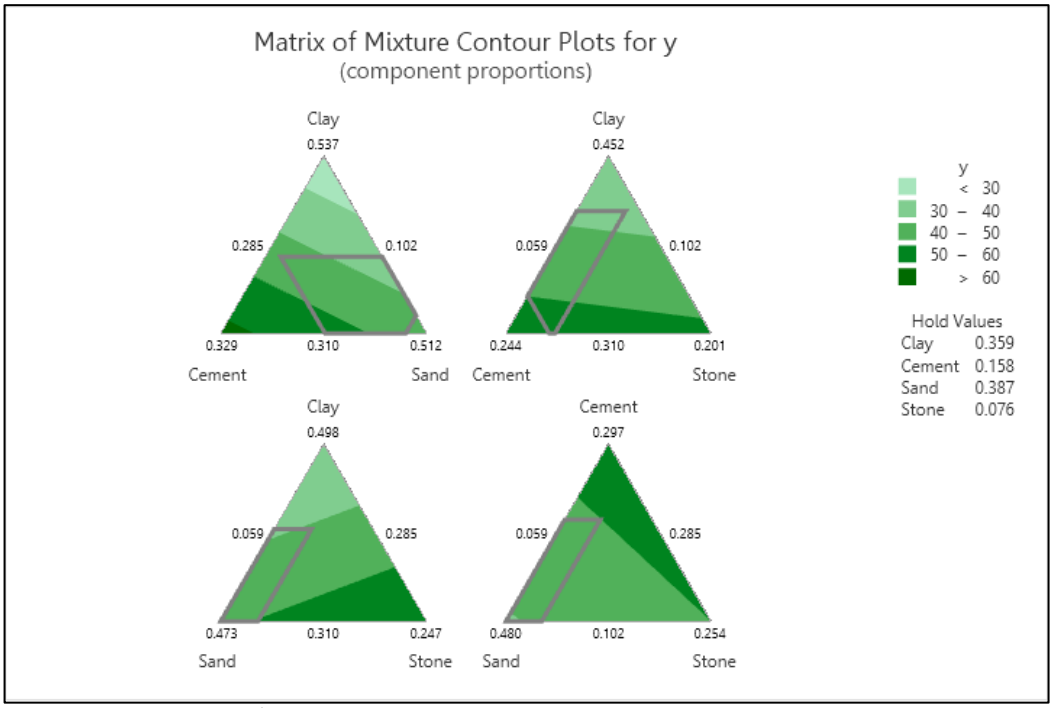
รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสุดท้าย

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่า VIF ยังมีค่าสูงกว่า 10 แต่ค่า P-Value ของสมการ Linear เท่ากับ 0.013 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ายังสามารถนำข้อมูลชุดนี้มาใช้วิเคราะห์ต่อได้ เมื่อพิจารณาจากสมการเชิงถดถอยคือ y = -34.9Clay + 142Cement + 63.1Sand + 118.2Stone แล้วพบว่าปูนซีเมนต์มีค่าสัมประสิทธิ์สูงที่สุด รองลงมาคือ หินเกร็ด ทราย และดินแดง ตามลำดับ และผู้วิจัยได้ตรวจสอบเงื่อนไขของการการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากรูปที่ 5 ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนผ่านเงื่อนไขคือกราฟ Versus Fits มีการกระจายบนล่างไปมา กราฟ Versus Order ไม่มีจุดกระจายอยู่ฝั่งเดียวติดกันเกิน 7 จุด กราฟ Normal Probability Plot และ Histogram ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ผู้วิจัยได้สร้างแผนภูมิเส้นชั้นความ



สูง (Contour plot) เพื่อวิเคราะห์ต่อไปดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 แผนภูมิเส้นชั้นความสูง

จากรูปที่ 6 พบว่าค่าความต้านทานแรงอัดนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น และค่าความต้านทานแรงอัดจะลดลงเมื่อปริมาณดินแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับความเป็นจริงว่ายิ่งปูนซีเมนต์มากอิฐบล็อกประสานยิ่งแข็งและปัจจัยที่ทำให้ค่าต้านความแรงอัดเพิ่มขึ้นคือหินเกร็ด จากการวิเคราะห์ผลตอบที่เหมาะสม (Response Optimization) ได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับอิฐบล็อกประสาน

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
y	Maximum	50	50.5	50.5	1	1

Global Solution

Components

Clay	=	0.315060
Cement	=	0.213999
Sand	=	0.377942
Stone	=	0.093

Predicted Responses

y = 54.2463 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
y	Target	50	50.5	51	1	1

Global Solution

Components

Clay	=	0.313663
Cement	=	0.188521
Sand	=	0.438816
Stone	=	0.059

Predicted Responses

y = 50.5 , desirability = 1.000000

Composite Desirability = 1.000000

ออกมา 2 แบบ ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 การวิเคราะห์ผลตอบที่เหมาะสม

จากรูปที่ 7 พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานมี 2 รูปแบบคือ 1) ดินแดง 31.5%, ปูนซีเมนต์ 21.39%, ทราย 37.79% และหินเกร็ด 9.3% ได้ค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ที่ 54.26 ksc เมื่อเปรียบเทียบกับแบบเดิมพบว่าได้ความแข็งมากกว่าเดิม 4.23 ksc และ 2) ดินแดง 31.36%, ปูนซีเมนต์ 18.85%, ดินแดง 43.88% และหินเกร็ด 5.9% และได้ค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ที่ 50.5 ksc หรือมีความแข็งเท่าเดิม และเมื่อวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบแบบเดิมเท่ากับ 2.60 บาทต่อก้อน แบบที่ 1 เท่ากับ 2.69 บาทต่อก้อน และแบบที่ 2 เท่ากับ 2.45 บาทต่อก้อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้รูปแบบที่ 2 เนื่องจากมีต้นทุนที่ลดลง 0.15 บาทต่อก้อน โดยยังคงมีค่าความต้านทานแรงอัดเท่าเดิมซึ่งตรงตามจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยใช้การออกแบบการทดลองส่วนผสมแบบเอ็กทรีมเวอร์ทิสเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดระหว่างความแข็งแรงของวัสดุโดยใช้ค่าความต้านทานแรงอัดและต้นทุนของอิฐบล็อกประสาน โดยสรุปพบว่าส่วนผสมรูปแบบที่ 2 คือดินแดง 31.4% ปูนซีเมนต์ 18.9% ทราย 43.9% และหิน 5.9% คือ

ส่วนผสมที่ดีที่สุด เพราะคงค่าความต้านทานแรงอัดได้ใกล้เคียงเดิม คือ 50.5 ksc แต่สามารถลดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ 0.15 บาทต่อก้อน เมื่อเทียบกับสูตรปัจจุบัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ที่ให้ข้อมูลในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณ นายสุรศักดิ์ เง้าพา นายคณิศร ชัยยศเส้า และนายณัฐวิทย์ สิทธิกัน หลักสูตรวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ช่วยทำการทดลองและเก็บข้อมูล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] เพ็ญชาย เวียงใต้, ปิยะพล สีหาบุตร และ เจษฎ์ศิริ เถื่อนมูลล่ะ. (2561). อิฐบล็อกประสานผสมวัสดุเหลือทิ้งเพื่อพัฒนาเป็นผนังรับแรงและลดการแพร่ความร้อน. รายงานการวิจัยสาขาการจัดการงานช่างและผังเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2561/M126117/Weingtai%20Penchai.pdf

[2] วรพจน์ แซงบุญเรือง, สมควร สงวนแพง และ อวยพร ตั๊ะวัน. (2568). การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการเลี้ยงปลานิล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. 5(1).* 41-61. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/STJS/article/view/266764/180148

[3] สมศักดิ์ แก้วพลอย. (2557). การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับลูกชิ้นเอ็นไก่ผสมผักพื้นบ้านโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557 “Rethink : Social Development for Sustainability in ASEAN Community” 11-13 มิถุนายน 2557. มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น. หน้า 357-363. https://cscd.kku.ac.th/uploads/proceeding/080714_094243.pdf

[4] มินตรา พื้นดี และ คมกฤต เล็กสกล. (2560). การพัฒนาแผ่นดามกระดูกจากวัสดุประสมไฮดรอกซีอะปาไทต์ – กรดพอลิแลคติก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 24(2).* 88-100. https://www.thaiscience.info/journals/Article/EJCM/10985885.pdf

[5] ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหาร. (2569). Compression Test. วันที่สืบค้น: 1 มิถุนายน 2565, จาก https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0525/compression-test

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การหาค่าการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ด้วยเทคนิคการใช้สารพ่นทนความร้อน

ธีระยุทธ ขอดแก้ว* และ กชรวิศ หลำคำ

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*Teerayut@Rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 086-7324628

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการหาค่าสภาพแผ่รังสีความร้อน (Emissivity ; **ε**) ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ที่มีผิวเรียบและผ่านกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด ระเบียบวิธีวิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคการพ่นสารทนความร้อนเป็นลวดลายแถบสลับลายม้าลาย (zebra pattern) ลงบนผิวชิ้นงานทดสอบ และให้ความร้อนสูงถึง 1000 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่าผิวด้านที่พ่นสารวัตถุดำสามารถรักษาเสถียรภาพของค่าสภาพแผ่รังสีไว้ได้คงที่ที่ระดับ 0.88 ถึง 0.84 โดยทำหน้าที่เป็นกลุ่มควบคุมอ้างอิงอุณหภูมิแท้จริง สำหรับผิวโลหะเปลือยเรียบที่ไม่ได้พ่นสารทนความร้อนมีค่าสภาพแผ่รังสีลดลงแปรผันตามอุณหภูมิจาก 0.64 ถึง 0.38 ในช่วงเวลา 190 วินาที ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าที่คำนวณได้ตามกฎการแผ่รังสีของพลังค์ขณะที่บริเวณผิวของชิ้นงานแนวเชื่อม (weld bead) ปรากฏค่าสภาพแผ่รังสีความร้อนผันผวนอยู่ในเกณฑ์สูงระหว่าง 0.86 ถึง 0.91 ในช่วงอุณหภูมิ 750 ถึง 500 องศาเซลเซียส เนื่องจากอิทธิพลของความขรุขระผิวแนวเชื่อมและชั้นออกไซด์ ข้อมูลที่ค้นพบนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำไปตั้งค่าชดเชยการแผ่รังสีในกล้องอินฟราเรดเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ในกระบวนการเชื่อมและกระบวนการทางความร้อนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

คำสำคัญ ค่าสภาพแผ่รังสีความร้อน เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L เทคนิคพ่นสารวัตถุดำลายม้าลาย กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด กฎการแผ่รังสีของพลังค์

Determination of Thermal Emissivity of AISI 316L Stainless Steel Using High-Temperature Blackbody Spray Technique

Teerayut Cordkaew* and Kodcharawit Lamkam

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna,
128 Huay Kaew Road, Chang Puak, Muang, Chiang Mai 50300

Teerayut@Rmutl.ac.th, Tel. 086-7324628

Abstract

This research aims to investigate a method for determining the thermal emissivity (**ε**) of AISI 316L stainless steel with a smooth surface and subjected to the Gas Metal Arc Welding (GMAW) process to enhance temperature measurement accuracy using an infrared thermography camera. The methodology applied a zebra-patterned technique by spraying a high-temperature blackbody agent in a striped pattern on the specimen, which was heated up to 1000°C. The results revealed that the blackbody-sprayed surface maintained a stable emissivity range between 0.88 and 0.84, serving as a baseline for true temperature validation. For the unsprayed smooth substrate, the emissivity decreased continuously with temperature from 0.64 to 0.38 within 190 seconds, showing perfect agreement with the values calculated directly from Planck's radiation law. Conversely, the welded bead surface exhibited higher and fluctuating emissivity values ranging from 0.86 to 0.91 during the cooling phase from 750°C to 500°C, attributed to the combined effects of surface roughness and oxidation kinetics. These obtained emissivity datasets are crucially significant for implementing emissivity compensation in infrared cameras to achieve precise real-time temperature monitoring during welding and thermal processing.

Keywords: Thermal Emissivity, 316L Stainless Steel, Zebra-Patterned Blackbody Spray, Infrared Thermography, Planck's Radiation Law

1. บทนำ

กระบวนการผลิตและการทดสอบทางวัสดุศาสตร์ที่มีอุณหภูมิสูงยกตัวอย่างเช่น กระบวนการเชื่อมอาร์กหรือการอบชุบด้วยความร้อน การตรวจวัดและการควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุอย่างแม่นยำและไม่ทำลายพื้นผิวถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมคุณภาพโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม (Kim et al., 2024) การใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด (Infrared Thermography Camera) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันเนื่องจากสามารถตรวจวัดอุณหภูมิแบบกระจายตัวหลายจุดพร้อมกันได้ในเวลาจริง ซึ่งอุณภูมิที่วัดได้นั้นจะทำให้สามารถนำค่าความร้อนที่ได้มาประกอบการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางกลของวัสดุที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนได้อย่างแม่นยำ (Naksuk et al., 2020) แต่อย่างไรก็ตามในบางครั้งในการนำข้อมูลความร้อนจากกล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรดมาวิเคราะห์ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนนั้นไม่ใช่ค่าอุณหภูมิที่แท้จริง แต่กลับกลายเป็นค่าอุณหภูมิความส่องสว่างของพื้นผิวที่แปรผันกับสมบัติพื้นผิวที่เรียกว่าสภาพแผ่รังสีหรือค่าเอมิสสิวิตี (Emissivity) ของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งเป็นปัญหาหลักในการประยุกต์ใช้งานกล้องอินฟราเรด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับวัสดุกลุ่มเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดออสเทไนต์ ซึ่งเป็นวัสดุมีค่าสภาพแผ่รังสีของผิวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและเกิดสภาพการเกิดออกซิเดชันที่ผิวหน้างาน โดยเฉพาะในบริเวณเนื้อแนวเชื่อม (weld bead) และบริเวณเนื้อพื้นหลัง (base metal) ที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat-Affected Zone; HAZ) ซึ่งหากการใช้งานกล้องอินฟราเรดมีการตั้งค่าสภาพการแผ่รังสีในซอฟต์แวร์ของกล้องถ่ายภาพความร้อนไม่ถูกต้อง ซึ่งส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณอุณหภูมิที่สูงมาก (Nomura et al., 2022) ทำให้ส่งผลเสียต่อการวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การเย็นตัวของโลหะที่มีผลต่อโครงสร้างและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ทำการตรวจสอบ ดังนั้นการหาวิธีการตรวจวัดค่าสภาพแผ่รังสีหรือค่าเอมิสสิวิตีที่นำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อไปใส่ค่าในกล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรดที่มีความแม่นยำสูงในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจึงเป็นประเด็นวิจัยที่ท้าทายอย่างยิ่งในปัจจุบัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิธีการหาค่าการแผ่รังสีหรือค่าเอมิสสิวิตี โดยการประยุกต์ใช้วิธีการวัดแบบใหม่ที่เรียกว่า วิธีพ่นสารทนความร้อนบนลงวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออเทนไนต์ 316L โดยการทำแบบลายม้าลาย จากนั้นนำมาหาค่าสภาพแผ่รังสีของแนวเชื่อมของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding ; GMAW) เพื่อเป็นข้อมูลค่าเอมิสสิวิตีที่นำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการใช้กล้องส่องความร้อนในการนำไปวัดค่าอุณหภูมิของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ในระหว่างกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมหรือกระบวนการทางความร้อน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กฎการแผ่รังสีของพลังค์และความสัมพันธ์ทางอุณหภูมิ

การแผ่รังสีความร้อนของวัตถุใด ๆ จะอยู่ภายใต้กฎการแผ่รังสีของพลังค์ (Planck's Law) โดยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแท้จริง อุณหภูมิความส่องสว่าง ที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์อินฟราเรด และค่าสภาพแผ่รังสีที่ความยาวคลื่นเฉพาะสามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์ของพลังงานการแผ่รังสีสเปกตรัม ดังสมการที่ (1)

$$L(\lambda,s) = \varepsilon L(\lambda,T) \qquad (1)$$

เมื่อ T คือ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแท้จริง

s คือ อุณหภูมิความส่องสว่าง

ε คือ ค่าสภาพการแผ่รังสี

λ คือ ความยาวคลื่นเฉพาะ

L คือ การแผ่รังสีสเปกตรัม

เมื่อนำกฎของพลังค์มาปรับรูปสมการเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีโดยตรง จะได้สมการหลักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ดังสมการที่ (2) โดย c_2 คือ ค่าคงที่การแผ่รังสีลำดับที่สองของพลังค์ที่มีค่าเท่ากับ 1.4387752×10^{-2} เมตร-เคลวิน (m.K)

$$\varepsilon = \frac{\exp(c_2/\lambda T) - 1}{\exp(c_2/\lambda s) - 1} \qquad (2)$$

2.2 เทคโนโลยีสารพ่นทนความร้อนสูงกลุ่มวัตถุดำ

แนวคิดดั้งเดิมของการหาค่าสภาพแผ่รังสีจำเป็นต้องใช้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ติดตั้งที่ผิวหน้าเพื่อหาอุณหภูมิแท้จริง แม้ว่าการใช้หัววัดเทอร์โมคัปเปิลแบบสัมผัสจะเป็นวิธีอ้างอิงอุณหภูมิที่ดี แต่ในวัตถุที่มีขนาดเล็กหรือบางหัววัดความร้อนจะทำหน้าที่เป็นครีบระบายความร้อน ซึ่งจะดึงความร้อนออกจากจุดสัมผัส ส่งผลให้อุณหภูมิเฉพาะจุดลดลงอย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสอบเทียบอุณหภูมิได้สูงถึง 10 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส ที่ระดับอุณหภูมิใช้งาน 60 เซลเซียส อีกทั้งการสัมผัสทางความร้อนที่ไม่แนบสนิทก็ทำให้ผลการวัดต่ำกว่าความเป็นจริง (Usamentiaga et al., 2014) ดังนั้นในการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการประยุกต์วิธีการวัดความร้อนโดยใช้กล้องอินฟราเรดเข้ามาใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิของวัสดุ โดยก่อนการใช้กล้องอินฟราเรดในการวัดค่าอุณหภูมิสิ่งสำคัญคือต้องทราบค่าความสามารถในการแผ่

รังสีความร้อนของวัสดุชนิดนั้นหรือค่าเอมิสสิวิตี ซึ่งมีหลักการการแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญสูงสุดที่วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์จะแผ่รังสีแม่เหล็กเหล็กไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณและสเปกตรัมของรังสีที่แผ่ออกมาจะแปรผันตามอุณหภูมิและความยาวคลื่นตามกฎการแผ่รังสีของพลังค์ การเลือกใช้สารพ่นทนความร้อนสูงกลุ่มวัตถุดำ (Blackbody Spray) ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นวิธีปฏิบัติที่ได้มาตรฐานสากล โดยสารเคลือบเหล่านี้ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้มีค่าความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนสูงใกล้เคียง 1.0 มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง มีแรงยึดเกาะทางกลกับเนื้อโลหะที่ดีเยี่ยม ดังนั้นสารพ่นทนความร้อนจึงได้รับการยอมรับในอุตสาหกรรมและงานวิจัยระดับสูงเพราะสามารถทนความร้อนได้ถึง 1000-1400 องศาเซลเซียส และมีค่าอัตราการแผ่รังสีความร้อนที่ประมาณ 0.80 - 0.94 ตามมาตรฐาน ASTM C835-06 (Cardenas-Garcıa, 2014)

2.3 เหล็กกล้าไร้สนิม 316L และสมบัติทางความร้อนและความสามารถในการแผ่รังสี

เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L เป็นโลหะผสมออสเตนิติกคาร์บอนต่ำพิเศษที่มีการเติมธาตุโครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัม เพื่อเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนเคมีและรักษาความเสถียรทางคุณบัติของวัสดุที่อุณหภูมิสูง คุณสมบัติทางเคมีพื้นฐานกำหนดโครงสร้างจุลภาคและพฤติกรรมความร้อนของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณตามมาตรฐานอุตสาหกรรมดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ร้อยละโดยน้ำหนัก (Zhou et al., 2025)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ธาตุผสมหลัก	Fe	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	C
สัดส่วนองค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	68.63	16.92	10.63	2.46	0.74	0.59	0.011

คุณสมบัติทางมาตรวิทยาความร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L มีความซับซ้อนและแปรผันตามปัจจัยทางกายภาพหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ สภาพผิวสัมผัส และระดับการเกิดออกซิเดชัน จากการทดสอบทางมาตรวิทยาพบว่า ค่าความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงขึ้นแบบเชิงเส้น (Nam et al., 2001) โดยมีค่าความสามารถการแผ่รังสีความร้อนที่แบ่งตามลักษณะของพื้นผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมในสภาวะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 ที่มีผ่านการวิเคราะห์พฤติกรรมทางมาตรวิทยาความร้อน

ตารางที่ 2 ค่าความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนของเหล็กกล้าไร้สนิมในสภาวะต่าง ๆ

สภาพพื้นผิวชิ้นงาน	ช่วงอุณหภูมิการทดสอบ (องศาเซลเซียส)	ค่าแผ่รังสีความร้อน (ε)	พฤติกรรมทางมาตรวิทยาความร้อน
กระบวนการหลอมผงโลหะด้วยเลเซอร์ (L-PBF) วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม 316L (Becker et al., 2024)	150-580	0.20-0.50	ได้จากกระบวนการผลิตแบบเติมเนื้อวัสดุ ผิวสัมผัสค่อนข้างเรียบ
กระบวนการเชื่อมด้วยแก๊สทังสเตน (TIG) วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 (Nomura et al., 2022)	500–1100	0.12-0.16	ได้จากกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สทังสเตน ผิวสัมผัสมีความเรียบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

รายละเอียดของขั้นตอนและกระบวนการดำเนินงานวิจัยในการศึกษาค่าการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L จะมุ่งเน้นการเปรียบเทียบพฤติกรรมทางความร้อนระหว่างพื้นผิวบริเวณเนื้อวัสดุฐาน บริเวณเนื้อแนวเชื่อมกับพื้นผิวที่ผ่านการพ่นสารทนความร้อนชนิดวัตถุดำร่วมกับการถ่ายภาพความร้อนด้วยกล้องอินฟราเรดและการคำนวณตามกฎการแผ่รังสีของพลังค์ซึ่งมีรายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์ และลำดับขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ความหนา 10 มิลลิเมตร กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ที่ไม่ผ่านการตกแต่งพื้นผิว ในกระบวนการวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด รุ่น InfReC R550/R450 Series ในการตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบ โดยกล้องถ่ายภาพความร้อนนี้มีขีดจำกัดในการวัดอุณหภูมิสูงสุดที่ 2000 องศาเซลเซียส มีความยาวคลื่น (Wavelength range) ที่ 8 – 14 ไมโครเมตร (μm) และมีความเร็วในการบันทึกภาพ (Frame Rate) อยู่ที่ 7.5 เฮิรตซ์ (Hz) ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้อัตราความเร็วบันทึกภาพที่ 15 เฟรมต่อวินาที (frames/s) โดยใช้การวิเคราะห์ความร้อนด้วยซอฟต์แวร์เวอร์ชั่น NS9500STD ในการวิเคราะห์อุณหภูมิ ใช้สารพ่นทนความร้อนชนิดวัตถุดำรุ่น JSC-3 ของบริษัท เจแปนเซนเซอร์ (Japan Sensor) ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูงสุด 1500 องศา

เซลเซียส และมีค่าการแผ่รังสีความร้อนที่ 0.94 และใช้เตาอบวัสดุแบบใช้ไฟฟ้ายี่ห้อ AS ONE รุ่น ROP-001H ที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 100 - 1300 องศาเซลเซียส ทำการให้ความร้อนของวัสดุทดสอบ



รูปที่ 1 สารพ่นทนความร้อนสูงกลุ่มวัตถุดำที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3.2 ขั้นตอนและกระบวนการดำเนินการวิจัย

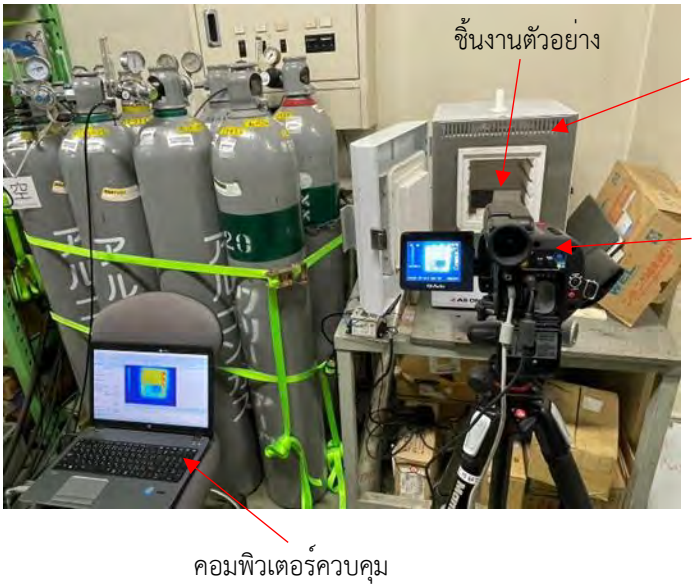
3.2.1 ทำความสะอาดผิวหน้าชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เพื่อขจัดคราบไขมันและสิ่งปนเปื้อน จากนั้นทำการพ่นสารทนความร้อนหนึ่งด้านมีขนาดความยาว 30 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ที่ผ่านกระบวนการพ่นสารทนความร้อน

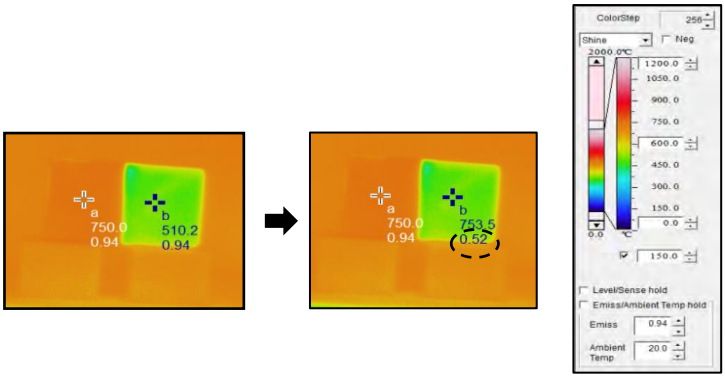
3.2.2 นำชิ้นงานที่ทำการทดสอบไปวางในเตาอบวัสดุและทำการจัดตำแหน่งการทดลองโดยให้กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรดตั้งฉากกับพื้นผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบโดยมีการป้อนค่าอัตราการแผ่รังสีที่ 0.94 ตามมาตรฐานของสารพ่นทนความร้อน ดังแสดงวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบดังรูปที่ 3 จากนั้นทำการปิดตู้อบแล้วตั้งอุณหภูมิการอบที่ 1000 องศาเซลเซียส แล้วทำการเปิดสวิตช์ให้ตู้อบทำงาน ในงานวิจัยนี้ให้ความ

ร้อนชิ้นงานไปจนถึง 1000 องศาเซลเซียสเพราะเป็นอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Vora et al., 2022)



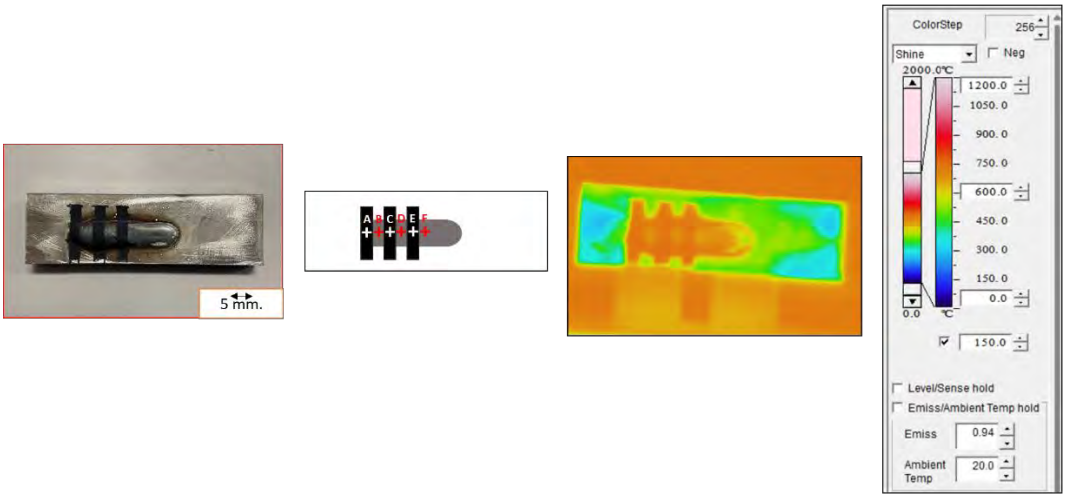
รูปที่ 3 ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและการทดสอบ

เมื่ออุณหภูมิถึง 1000 องศาเซลเซียสแล้วตู้อบหยุดทำงานอัตโนมัติ จากนั้นทำการเปิดตู้อบและกดบันทึกเพื่อทำการบันทึกรูปชิ้นงานทดสอบด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนและส่งข้อมูลไปในคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกได้ไปทำการวิเคราะห์ผ่านซอฟต์แวร์ โดยกระบวนการวิเคราะห์ทำโดยการปรับตั้งอุณหภูมิ ค่าการแผ่รังสี จากชิ้นงานทดสอบที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ที่ผ่านการพ่นสีด้วยสารพ่นทนความร้อนที่มีสีดำเปรียบเทียบกับพื้นผิวเดิมที่ไม่ได้ทำการพ่น เริ่มต้นโดยการเลือกจุดวัดอุณหภูมิในแต่ละด้าน จากนั้นทำการปรับค่าอุณหภูมิในซอฟต์แวร์ให้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยปรับค่าอุณหภูมิที่ได้ของด้านที่ไม่ผ่านการพ่นสารทนความร้อนปรับให้มีค่าเท่ากับด้านที่พ่นสารทนความร้อนซึ่งเป็นค่าที่ตั้งสมมติฐานว่าเป็นอุณหภูมิและค่าปริมาณการแผ่รังสีที่แท้จริงของวัสดุ (Nomura et al., 2022) ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์จะทำให้ได้ค่าปริมาณการแผ่รังสีของวัสดุนี้ โดยงานวิจัยนี้จะมีการกำหนดจุดวัดและทำการวัดเป็นวินาทีต่อเนื่องไป อีกด้านหนึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้ทั้งสองด้านที่ทำการบันทึกและมีความแตกต่างกันในขั้นต้นจะถูกนำไปคำนวณหาค่าสภาพการแผ่รังสีตามสมการที่ (2) เพื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ ลักษณะการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์แสดงการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์อุณหภูมิผ่านซอฟต์แวร์ของกล้องถ่ายภาพความร้อน

3.2.3 จากกระบวนการที่ 3.2.2 เมื่อได้ข้อมูลอุณหภูมิและค่าการแผ่รังสีของชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ที่มีผิวเรียบแล้ว ทำการนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบกับค่าปริมาณการแผ่รังสีที่ใช้อ้างอิง (Emissivity of Surface Table- Heat Transfer, n.d.) จากนั้นทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบชิ้นที่สองที่ผ่านกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ที่ใช้ลวดเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม 316L และแผ่นฐานเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม 316L จากนั้นทำเป็นลวดลายแถบตรงขนานสลับกันระหว่างพื้นที่ที่มีการพ่นสารเคลือบทนความร้อนมีระยะพิทช์การพ่นอยู่ที่ 5 มิลลิเมตร ความกว้างของแถบละ 5 มิลลิเมตร จากนั้นทำการกำหนดจุดพิกัดตำแหน่งในการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลเป็นรหัสตัวอักษรเพื่อแยกแยะระหว่างบริเวณเนื้อแนวเชื่อมและเนื้อวัสดุพื้นฐานดังนี้ คือที่ตำแหน่ง A B C D E F จากนั้นบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและค่าการแผ่รังสีเช่นเดียวกันกับกระบวนการที่ 3.2.2 ดังแสดงรูปตัวอย่างการวิเคราะห์ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

4. ผลการวิจัย

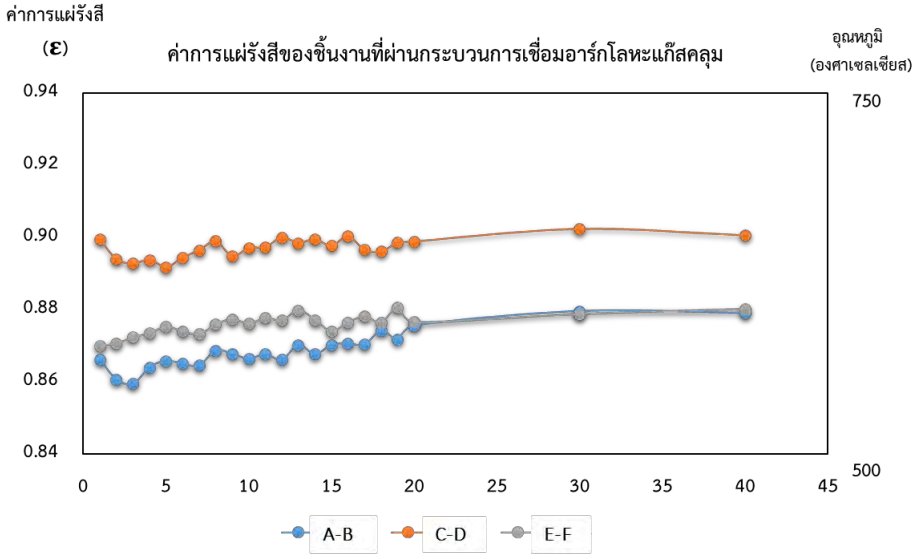
จากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิและคำนวณค่าสภาพแผ่รังสีความร้อนของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม 316L พบว่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าของชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตามเวลา โดยข้อมูลการกระจายตัวของอุณหภูมิและค่าสภาพแผ่รังสีที่คำนวณได้ถูกจำแนกออกตามตำแหน่งพิกัดต่าง ๆ ดังรายละเอียดในตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิความส่องสว่างและค่าปริมาณการแผ่รังสี (**ε**) ของชิ้นงานวัสดุทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม 316L แบบผิวเรียบ

เวลา (วินาที)	อุณหภูมิผิวโลหะด้านที่พ่นสารทนความร้อน	ค่าปริมาณการแผ่รังสี (**ε**)	ค่าปริมาณการแผ่รังสี (**ε**) ที่ได้จากการคำนวณ	อุณภูมิผิวโลหะด้านเปลือยเรียบไม่พ่นสารทนความร้อน	ค่าปริมาณการแผ่รังสี (**ε**)	ค่าปริมาณการแผ่รังสี (**ε**) ที่ได้จากการคำนวณ
1	750.00	0.88	0.88	545.20	0.64	0.64
2	731.30	0.88	0.88	390.80	0.48	0.48
5	726.50	0.87	0.87	379.70	0.46	0.46
10	725.90	0.86	0.86	376.60	0.45	0.45
30	722.60	0.86	0.86	360.20	0.43	0.43
60	714.40	0.85	0.85	342.30	0.42	0.418
100	705.50	0.84	0.84	329.10	0.40	0.402
190	682.40	0.84	0.84	303.40	0.38	0.38

จากตารางที่ 3 พบว่าด้านผิววัสดุที่มีการพ่นสารทนความร้อนชนิดวัตถุดำ สามารถรักษาเสถียรภาพของค่าสภาพแผ่รังสีความร้อนได้คงที่ที่ระดับ 0.88 ถึง 0.84 ตลอดทุกช่วงอุณหภูมิของการทดสอบที่อุณหภูมิลดลงมาตั้งแต่ 750 ถึงประมาณ 680 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาทดสอบ 190 วินาที ด้านที่ไม่มีการพ่นสารทนความร้อนอุณหภูมิด้านนี้เริ่มต้นที่ประมาณ 545 องศาเซลเซียส ณ เวลาวินาทีแรกของการวิเคราะห์ โดยมีค่าปริมาณการแผ่รังสีที่ 0.64 โดยมีค่าปริมาณการแผ่รังสีที่ลดลงไปตามอุณหภูมิที่ลดลงไปจนถึงที่ระดับ 0.38 ในระยะเวลา 190 วินาที โดยทั้งสองด้านมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยสมการที่ (2) แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณการแผ่รังสีมีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีการวิเคราะห์ค่าการแผ่รังสีด้วยเทคนิคการพ่นดำมีความแม่นยำจากการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์และด้วยวิธีการคำนวณโดยการนำกฎของพลังค์มา

ปรับรูปสมการเพื่อคำนวณหาค่าสภาพการแผ่รังสีโดยตรงดังสมการที่ (2) ดังนั้นเมื่อต้องการวิเคราะห์ผลการทดลองของชิ้นงานวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม สามารถหาค่าการแผ่รังสีได้ดังแสดงผลลัพธ์ในรูปที่ 6 โดยได้ผลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพแผ่รังสีความร้อนในบริเวณแนวเชื่อมที่มีการกำหนดพิกัดตำแหน่งสลับแบบลายม้าลาย จากนั้นใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพความร้อนตามพิกัดโดยการจับคู่วิเคราะห์ที่ A และ B C และ D และ E และ F ในช่วงเวลาการเย็นตัว 1 ถึง 45 วินาที ที่อุณหภูมิ 750 ลดลงมาถึงประมาณ 500 องศาเซลเซียส พิกัดจุดคู่ C และ D แสดงค่าสภาพแผ่รังสีสูงสุดที่ระดับประมาณ 0.89 ถึง 0.91 ในขณะที่พิกัดคู่ A และ B อยู่ในระดับ 0.86 ถึง 0.88 และพิกัดคู่ E และ F เริ่มต้นที่ระดับ 0.87 ถึง 0.88 ตามลำดับ



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าการแผ่รังสีของชิ้นงานแนวเชื่อมเหล็กกล้าไรสนิมเกรด 316L

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของลักษณะพื้นผิวและสภาวะอุณหภูมิที่มีต่อพฤติกรรมการปล่อยรังสีความร้อนของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L โดยพลังงานรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากด้านที่ผ่านการพ่นสารทนความร้อนชนิดวัตถุดำ สามารถสะท้อนระดับอุณหภูมิที่แท้จริงของเนื้อวัสดุได้อย่างเที่ยงตรงและปราศจากสัญญาณรบกวนจากการสะท้อนของสภาพแวดล้อมรอบข้าง สอดคล้องกับแนวคิดและระเบียบวิธีวิจัยของ (Nomura et al., 2022) ด้วยเหตุนี้ข้อมูลอุณหภูมิจากผิวด้านที่พ่นสารดำจึงมีความเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ในฐานะตัวควบคุมอ้างอิง เพื่อระบุระดับอุณหภูมิแท้จริงสำหรับการคำนวณเพื่อหาค่าสภาพแผ่

รังสีความร้อนของผิวโลหะเปลือย ผลการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นอย่างมีนัยสำคัญว่าค่าสภาพแผ่รังสีความร้อนที่วิเคราะห์ได้จากซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพความร้อนอินฟราเรดมีความสอดคล้อง กับผลการวิเคราะห์ค่าการแผ่รังสีที่คำนวณได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่อิงกฎการแผ่รังสีของพลังค์ตามสมการที่ (2) ซึ่งเป็นการพิสูจน์และยืนยันความถูกต้องและสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Usamentiaga et al., 2014) ค่าที่ได้จากการคำนวณจากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความเข้มของรังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาจากวัตถุจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น ดังนั้นจากผลลัพธ์ที่ได้ค่าการแผ่รังสีของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L จากงานวิจัยนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำไปตั้งค่าในกล้องถ่ายความร้อนแบบอินฟราเรดในการชดเชยและแบ่งโซนในการวัดค่าอุณหภูมิและการแผ่รังสี เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจวัดอุณหภูมิแบบเรียลไทม์ ณ บริเวณแอ่งน้ำโลหะและเขตผลกระทบความร้อนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งช่วยควบคุมอัตราการเย็นตัว ป้องกันการแตกร้าวร้อน และทำให้สามารถทำนายโครงสร้างจุลภาคของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316L ในอุตสาหกรรมขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรดความละเอียดสูง และสารพ่นวัตถุดำทนความร้อนจากห้องปฏิบัติการเครื่องมือกลและการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ Saitama University ประเทศญี่ปุ่น คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์สถานที่และองค์ความรู้ทางเทคนิคที่เป็นประโยชน์ในการขับเคลื่อนงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วง

7. เอกสารอ้างอิง

Becker, T., Stark, T., Arduini, M., Manara, J., & Altenburg, S. J. (2024). Knowing the spectral directional emissivity of 316L and AlSi10Mg PBF-LB/M surfaces: Gamechanger for quantitative in situ monitoring. *Progress in Additive Manufacturing*, *9*(3), 695–704. https://doi.org/10.1007/s40964-024-00665-2

Cardenas-Garcıa, D. (2014). Emissivity measurement of high-emissivity black paint at CENAM. *Rev. Mex. Fis.*

Engineers Edge. (n.d.). *Emissivity of surface table – heat transfer.* Retrieved June 21, 2026, from https://www.engineersedge.com/heat_transfer/emissivity.htm

Kim, Y., Hong, S., Ha, E., Park, G., & Kim, J. (2024). Weld Zone Analysis Based on FCAW Mechanical Characteristics and Heat Transfer Analysis of 316L Stainless Steel for Liquefied Hydrogen Tanks. *Materials*, *17*(11), 2630. https://doi.org/10.3390/ma17112630

Naksuk, N., Nakngoenthong, J., Printrakoon, W., & Yuttawiriya, R. (2020). Real-Time Temperature Measurement Using Infrared Thermography Camera and Effects on Tensile Strength and Microhardness of Hot Wire Plasma Arc Welding. *Metals*, *10*(8), 1046. https://doi.org/10.3390/met10081046

Nam, H. Y., Lee, K. Y., Kim, J. M., Chio, S. K., Park, J. H., & Choi, I. K. (2001). Experimental study on the emissivity of stainless steel. In *Proceedings of the Korean Nuclear Society spring meeting* (pp. 13–13). https://inis.iaea.org/records/h9d6z-a1m24

Nomura, K., Okuda, H., Sano, T., & Asai, S. (2022). Simultaneous multipoint emissivity measurement via Zebra-patterned blackbody spray method and application to gas tungsten arc welding process. *Journal of Manufacturing Processes*, *78*, 22–31. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.04.004

Usamentiaga, R., Venegas, P., Guerediaga, J., Vega, L., Molleda, J., & Bulnes, F. G. (2014). Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing. *Sensors*, *14*(7), 12305–12348. https://doi.org/10.3390/s140712305

Vora, J., Parmar, H., Chaudhari, R., Khanna, S., Doshi, M., & Patel, V. (2022). Experimental investigations on mechanical properties of multi-layered structure fabricated by GMAW-based WAAM of SS316L. *Journal of Materials Research and Technology*, *20*. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.08.074

Zhou, Y., Chai, M., Zheng, F., & Li, Z. (2025). The Effects of Heat Treatment Temperatures on the Properties of 316L Stainless Steel Produced via Laser Powder Bed Fusion. *Materials*, *18*(13), 3167. https://doi.org/10.3390/ma18133167



การออกแบบและสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

ธีระยุทธ ขอดแก้ว* และ วรเชษฐ หวานเสียง

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถ.หวยแกว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*Teerayut@Rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 086-7324628

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยระบบแก๊สปิโตรเลียมเหลวแอลพีจี สำหรับแก้ไขปัญหาข้อจำกัดด้านเวลาและสุขอนามัยในการตากแดดดั้งเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่า อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ วิธีการดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการขึ้นรูปโครงสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยตู้อบที่ออกแบบมีขนาด 94 x 71 x 125 เซนติเมตร จากนั้นดำเนินการสร้างตู้อบโดยมีพัดลมหมุนเวียนอากาศพาความร้อนแบบบังคับขนาด 1/4 แรงม้า ซึ่งผ่านการตรวจสอบพฤติกรรมการกระจายลมร้อนด้วยฟังก์ชันการจำลองทิศทางลมของโปรแกรมก่อนดำเนินการสร้างเครื่องจริงที่ควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ผลการทดสอบสมรรถนะพบว่าตู้อบมีอัตราสิ้นเปลืองแก๊สเฉลี่ยคงที่อยู่ที่ 0.10 ถึง 0.11 กิโลกรัมต่อนาที ซึ่งชี้ให้เห็นถึงเสถียรภาพในการรักษาระดับความร้อนและควบคุมเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ สำหรับผลการทดลองลดความชื้นเห็ดนางฟ้าเริ่มต้น 4 กิโลกรัม พบว่าสภาวะอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 40 นาที มีความเหมาะสมในการลดปริมาณความชื้นของเห็ดนางฟ้าโดยสามารถลดความชื้นมาตรฐานเปียกเหลือร้อยละ 5 โดยมีน้ำหนักคงเหลือ 0.2 กิโลกรัม ซึ่งรวดเร็วกว่าการตากแดดธรรมชาติถึง 10 เท่า และช่วยรักษาคุณภาพด้านความสะอาดปลอดภัยทางอาหารได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ ตู้อบลมร้อน การควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ เห็ดนางฟ้า ความชื้นมาตรฐานเปียก

Design and Fabrication of an Automatic Temperature-Controlled Oyster Mushroom Dryer

Teerayut Cordkaew* and Worached Wanseang

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna,
128 Huay Kaew Road, Chang Puak, Muang, Chiang Mai 50300

*Teerayut@Rmutl.ac.th, Tel. 086-7324628

Abstract

This research aimed to design and fabricate an automatic temperature-controlled Oyster mushroom hot-air dryer utilizing a liquefied petroleum gas (LPG) system to address the time constraints and hygiene limitations associated with traditional open-sun drying in the Ban Sa-Nga Community Enterprise, Doi Saket, Chiang Mai Province. The methodology initiated with the development of a 3-D CAD model using SolidWorks software, specifying oven dimensions of 94 x 71 x 125 cm. The physical prototype was then fabricated, integrating a ¼ hp circulation fan for forced convection. The hot-air distribution behavior within the chamber was validated using fluid flow simulation functions before building the actual automatic temperature control system. The functional performance test demonstrated a stable average gas consumption rate of 0.10-0.11 kg/min, indicating high thermal stability and efficient fuel regulation. Regarding the moisture reduction testing of an initial 4 kg of Oyster mushrooms, the drying condition at 80 for 40 minutes was found to be highly optimal, successfully reducing the wet-basis moisture content to 5% with a final residual weight of 0.2 kg. This automated process was 10 times faster than natural sun drying while significantly enhancing food safety and hygiene quality.

Keywords: Hot-air dryer, Automatic temperature control, Oyster mushroom, Wet-basis moisture content

1. บทนำ

เห็ดนางฟ้า (Oyster mushroom) หรือชื่อเรียกตามวิทยาศาสตร์คือ *Pleurotus sajor-caju* เป็นหนึ่งในพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างต่อเนื่อง โดยปกติแล้วเห็ดนางฟ้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ถึง 8 เซนติเมตร มีโครงสร้างเนื้อเยื่อที่มีความเปราะบางและอุ้มน้ำในปริมาณที่สูงมาก อย่างไรก็ตามหนึ่งในปัญหาสำคัญในห่วงโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้ปลูกเห็ดนางฟ้าคือ อายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของเห็ดสดที่สั้นมาก เฉลี่ยเห็ดนางฟ้าหลังเก็บจะอยู่ได้เพียง 24 ถึง 48 ชั่วโมงในสภาวะบรรยากาศทั่วไป เนื่องจากเห็ดนางฟ้ามีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงถึงร้อยละ 85 ถึง 90 โดยน้ำหนักเปียก (Wet basis) (Abraham Galappaththi et al., 2021) ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายและในบางช่วงของฤดูกาลเกิดภาวะผลผลิตล้นตลาด ในงานวิจัยนี้กลุ่มผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษากระบวนการเพาะเห็ดนางฟ้าเพื่อจำหน่ายของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่า อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นศูนย์การเรียนรู้การเกษตรที่มีการเพาะปลูกและคิดค้นผลิตภัณฑ์แปรรูปเห็ดนางฟ้าที่เรียกว่า เห็ดสวรรค์ ในช่วงที่ผลผลิตเห็ดล้นตลาด โดยหนึ่งในขั้นตอนกระบวนการผลิตที่สำคัญคือการลดความชื้นเห็ดนางฟ้า เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาสภาพเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมก่อนการแปรรูป ปัจจุบันทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงพึ่งพาการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประสบปัญหาข้อจำกัดทางด้านสภาวะแวดล้อม โดยการตากแดดในแต่ละรอบต้องใช้ระยะเวลานานเฉลี่ย 7 ถึง 8 ชั่วโมง และขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงแดดในแต่ละวันทำให้ไม่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอได้ นอกจากนี้การตากในพื้นที่เปิดยังมีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง สิ่งสกปรก และแมลงพาหะดังแสดงในรูปที่ 1 ที่แสดงการตากเห็ดนางฟ้าของกลุ่มวิสาหกิจ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนเป็นช่วงที่เห็ดให้ผลผลิตปริมาณมาก อีกด้านหนึ่งบ่อยครั้งก็ประสบปัญหาสภาวะอากาศปิดและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงทำให้ไม่สามารถตากเห็ดได้ เกษตรกรจึงต้องสูญเสียผลผลิตไปเป็นจำนวนมากส่งผลให้กระบวนการแปรรูปหยุดชะงักและขาดความต่อเนื่อง



รูปที่ 1 กระบวนการตากเห็ดนางฟ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

กระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อน (Hot-air drying) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทางการเกษตร โดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตภัณฑ์ที่สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารและสีสัน (Ratti, 2001) สำหรับในบริบทของวิสาหกิจชุมชนการใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลวหรือที่เรียกกันว่าแก๊สแอลพีจี (LPG) ถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีความคุ้มค่าเชิงต้นทุนในการใช้อบผลิตผลทางการเกษตรเพราะมีอัตราการให้ความร้อนที่รวดเร็ว และเหมาะสมกับพื้นที่ห่างไกลมากกว่าการใช้ไฟฟ้ากำลังสูง (จันทร์ผง et al., 2024) อย่างไรก็ตามตู้อบชนิดใช้พลังงานเป็นแก๊สแอลพีจีที่ใช้งานในชุมชนส่วนใหญ่ยังคงเป็นระบบควบคุมด้วยมือ ซึ่งมักประสบปัญหาอุณหภูมิภายในตู้อบแกว่งและสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการไหม้เกรียมหรือแห้งไม่สม่ำเสมอ (มณีโชติ et al.,2021) จากเหตุผลในกระบวนการตากแดดและองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ตู้อบลมร้อนในการอบผลิตผลทางการเกษตรดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นโอกาสในการแก้ไขปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่า อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ จึงได้ทำการศึกษาการวิจัยนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยระบบแก๊สแอลพีจี ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การคำนวณภาระความร้อนทางวิศวกรรม การออกแบบโครงสร้างตู้อบลมร้อนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติควบคู่กับการใช้งานที่มีความปลอดภัย เพื่อให้ได้ตู้อบที่มีเสถียรภาพทางความร้อนและมีความปลอดภัยสูง ซึ่งจะช่วยให้ชุมชนสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถดำเนินงานผลิตได้ในทุกสภาวะอากาศอย่างยั่งยืน ทั้งนี้งานวิจัยนี้อยู่ในระยะเริ่มต้นที่มุ่งเน้นนำเสนอเฉพาะในส่วนของการออกแบบทางวิศวกรรมและการสร้างตู้อบให้สามารถใช้งานได้จริงมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้เป็นสำคัญ โดยยังไม่ได้รวมถึงการทดสอบหาประสิทธิภาพการอบแห้งเห็ดนางฟ้าและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามหลักการวิจัยเชิงลึก ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวจะถูกนำไปศึกษาและนำเสนออย่างเป็นระบบในงานวิจัยในส่วนถัดไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบและสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยระบบแก๊สแอลพีจี คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ และมีการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การออกแบบโครงสร้างตู้อบและระบบพลศาสตร์ของไหลความร้อน

โครงสร้างทางวิศวกรรมของตู้อบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติได้รับการออกแบบเพื่อรองรับอัตราการระเหยน้ำที่สูงของเห็ดนางฟ้า ตัวตู้อบสร้างจากโลหะแผ่นหนาสองชั้นผนังภายในเป็นแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เพื่อความสะอาดปลอดภัยตามมาตรฐานจีเอ็มพี (GMP) และป้องกันการผุกร่อนจากความเป็นกรดด่างเบาบางในพืชและไอน้ำสะสมระหว่างผนังด้านในและผนังด้านนอกที่เป็นอลูมิเนียมหรือเหล็กพ่นสีกันสนิมจะถูกกรุ

ด้วยใยแก้วหรือฉนวนทนความร้อนสูง เพื่อสกัดกั้นการสูญเสียความร้อนผ่านการนำความร้อนออกสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบลดลง (เกรียงศักดิ์ นักผูก, 2562)

ในส่วนของพลศาสตร์ของไหลการจัดทิศทางลมหมุนเวียนภายในห้องอบแห้งจะใช้หลักการการพาความร้อนแบบบังคับโดยอาศัยพัดลมหมุนเวียนอากาศทำหน้าที่ขับเคลื่อนมวลอากาศร้อนให้ไหลผ่านชั้นถาดอบเห็ดนางฟ้าในทิศทางที่กำหนด การจัดวางตำแหน่งช่องเป่าลมร้อนและช่องดูดลมกลับตามหลักกลศาสตร์ของไหลจะช่วยลดการเกิดจุดอับความร้อนและควบคุมความเร็วลมให้สม่ำเสมอ ซึ่งกระบวนการพาความร้อนแบบบังคับนี้เป็นปัจจัยหลักในการเร่งอัตราการระเหยกลายเป็นไอของน้ำจากผิวหน้าของเห็ดออกสู่กระแสลมอย่างต่อเนื่อง (Christanto et al., 2017)

2.2 การวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว

ในการประเมินสมรรถนะเชิงเศรษฐศาสตร์และความคุ้มค่าในการใช้งานตู้อบ การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญ โดยคำนวณจากสัดส่วนน้ำหนักของแก๊สที่ใช้จริงในแต่ละรอบการทำงานเทียบกับน้ำหนักบรรจุสุทธิของถังแก๊สมาตรฐาน ในที่นี้อ้างอิงถังขนาดบรรจุ 15 กิโลกรัม ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ตามสมการที่ (1) (ศรีชัย, 2025)

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองแก๊ส} = \frac{(W_{initial}-W_{final})}{W_{net}} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่

W initial คือ น้ำหนักของถังแก๊สแอลพีจีก่อนเริ่มการอบแห้ง

W final คือ น้ำหนักของถังแก๊สแอลพีจีหลังสิ้นสุดการอบแห้ง

W net คือ น้ำหนักแก๊สสุทธิในถังเต็มมาตรฐาน (กิโลกรัม) (กำหนดให้ใช้ถังขนาด 15 กิโลกรัม)

2.3 ความชื้นในวัสดุ

การอบแห้งคือกระบวนการลดความชื้นในวัสดุซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกไปโดยการระเหย ซึ่งในการอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง โดยที่การถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุและการถ่ายเทมวลจากวัสดุไปยังอากาศร้อน จะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน ซึ่งการถ่ายเทมวลจะเป็นลักษณะการพามวลด้วยกำลังบังคับความเข้มข้นที่ผิวของวัสดุต้องสูงกว่าความเข้มข้นของอากาศ และปริมาณการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณผิวของวัสดุ ความร้อนก็จะถ่ายเทจากอากาศไปสู่บริเวณผิวของวัสดุสำหรับค่าความชื้นในวัสดุโดยทั่วไป

แล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุจะถูกนิยามในรูปของอัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมดหรือต่อมวลแห้งดังสมการ (2) (ศุกระมูล et al., 2567)

ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \times 100 \qquad (2)$$

โดยที่

M_w คือ ปริมาณความชื้นฐานเปียก (ร้อยละ)

w คือ น้ำหนักของวัสดุชื้น (กิโลกรัม)

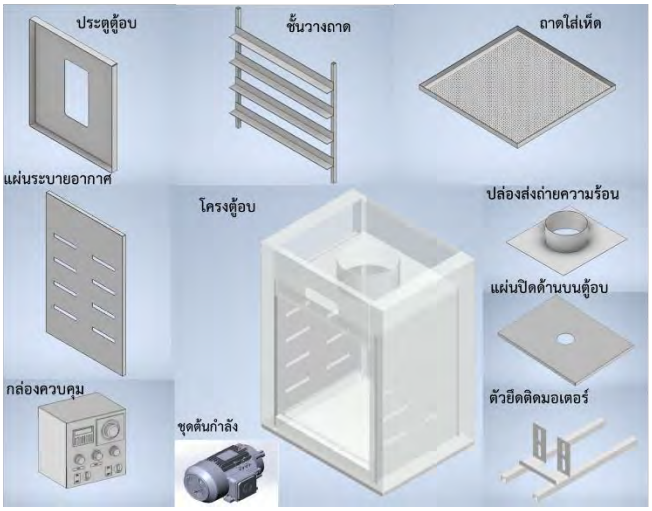
d คือ น้ำหนักแห้งของวัสดุ (กิโลกรัม)

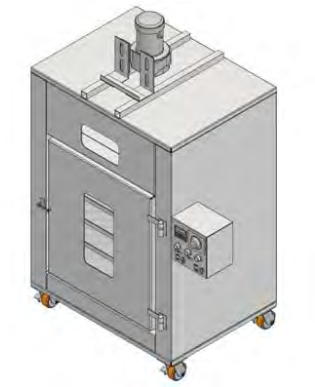
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยและพัฒนาต้นแบบตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยระบบแก๊สแอลพีจี คณะผู้วิจัยได้กำหนดระเบียบวิธีดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบตามหลักวิศวกรรม โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน มีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

3.1 การวางแผนและการออกแบบโครงสร้างตู้อบ

จากการสำรวจปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่า อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ากระบวนการตากแดดแบบดั้งเดิมใช้เวลานานเฉลี่ย 7 ชั่วโมงต่อเห็ดนางฟ้า 4 กิโลกรัม และมีความเสี่ยงด้านสุขอนามัย คณะผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การออกแบบเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งระบบปิดขนาดกว้าง 94 เซนติเมตร ลึก 71 เซนติเมตร และสูง 125 เซนติเมตร โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม SolidWorks ในการขึ้นรูปโครงสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักทางกล ได้แก่ โครงเครื่องหลัก ผนังตู้และประตูบุฉนวนกันความร้อน ชั้นวางและถาดอบแห้งเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ตลอดจนระบบส่งกำลังที่ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที เชื่อมต่อโดยตรงกับใบพัดลมระบายอากาศเพื่อทำหน้าที่เป็นชุดต้นกำลังในการขับเคลื่อนมวลลมร้อน ดังแสดงการออกแบบส่วนประกอบดังรูปที่ 2





รูปที่ 2 ภาพส่วนประกอบของตู้อบและตู้อบเห็ดนางฟ้าที่ได้ทำการออกแบบโดยโปรแกรม Solid Works

3.2 การจำลองพลศาสตร์การไหลของความร้อนภายในตู้อบ

เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการกระจายความร้อนก่อนดำเนินการสร้างตู้อบจริง คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ฟังก์ชัน SolidWorks Flow Simulation ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลและการเวียนของมวลอากาศร้อนภายในตู้อบ โดยกำหนดสภาวะขอบเขตให้สัมพันธ์กับชุดต้นกำลังและปล่องส่งถ่ายความร้อน

3.3 การดำเนินการสร้างตู้อบ

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการจำลองในคอมพิวเตอร์ได้ดำเนินการจัดสร้างส่วนประกอบของตู้อบตามแบบและมิติที่กำหนดเมื่อได้ทำชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้วนำมาทำการประกอบ ซึ่งจะได้ตู้อบเห็ดนางฟ้าตามการออกแบบ จากนั้นต้องตรวจให้แน่ใจว่าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ สามารถใช้งานได้ดี แล้วจึงทดลองเดินเครื่อง และตรวจสอบว่าใช้งานได้ดีหรือไม่ ดังแสดงตู้อบเห็ดนางฟ้าที่ดำเนินการประกอบเสร็จแล้วในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตู้อบเห็ดนางฟ้าที่ดำเนินการสร้าง

3.4 การทดสอบสมรรถนะของตู้อบและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

เมื่อดำเนินการสร้างตู้อบเสร็จแล้วทำการทดสอบระบบทำความร้อนและประเมินอัตราการสิ้นเปลืองแก๊สแอลพีจีที่ระดับเวลาการทำงานแตกต่างกันตั้งแต่ 20 ถึง 40 นาที ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพในการจ่ายพลังงานของหัวเตาและการทำงานของระบบวาล์วควบคุมอัตโนมัติ โดยอ้างอิงปริมาณการสิ้นเปลืองเทียบกับน้ำหนักบรรจุสุทธิของถังแก๊สมาตรฐานขนาด 15 กิโลกรัม รวมถึงวัดค่าความชื้นที่ได้หลังจากการอบเห็ดเพื่อประเมินตู้อบที่สร้างขึ้น ซึ่งมีกระบวนการเตรียมและทดสอบการอบเห็ดนางฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีกระบวนการทดลองเริ่มต้นจากการเตรียมเห็ดนางฟ้าโดยการตัดโคน ทำความสะอาดและฉีกเป็นชิ้นเล็กตามกรรมวิธีของชุมชน จากนั้นนำวัตถุดิบมาชั่งน้ำหนักและจัดเรียงลงถาดละ 1 กิโลกรัม (รวม 4 กิโลกรัม) ก่อนนำเข้าตู้อบเพื่อทำการอบแห้ง ณ อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดที่ 20 25 30 35 40 นาที ที่อุณหภูมิ 70 80 90 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดกระบวนการจึงนำเห็ดออกมาผึ่งให้เย็นเป็นเวลา 2 ถึง 3 นาที แล้วทำการชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียกที่ลดลงตามสมการที่ (2) และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสีผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับวิธีตากแดดดั้งเดิม



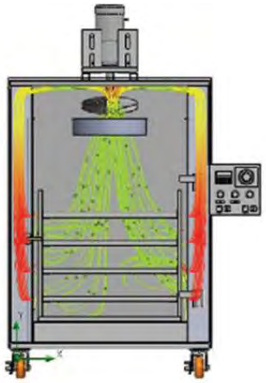
รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบตู้อบเห็ดนางฟ้า

4. ผลการวิจัย

การสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยระบบแก๊สแอลพีจีสามารถจำแนกผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ผลสำเร็จในการออกแบบและสร้างตู้อบเห็ดนางฟ้า และผลการทดสอบสมรรถนะในด้านอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงและค่าความชื้นที่ได้หลังการอบ มีรายละเอียดและผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการจำลองการไหลความร้อนภายในตู้อบ

ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใบพัดลมเริ่มทำงานกระแสลมร้อนจะถูกเป่ากระจายออกไปยังแผ่นระบายอากาศในแต่ละชั้น โดยทิศทางของลมจะเคลื่อนที่พุ่งขึ้นในแนวดิ่งจากนั้นจะค่อยๆ ม้วนตัวเปลี่ยนทิศทางโค้งไปทางด้านข้างตามแนวผนังตู้เกิดเป็นลักษณะการหมุนเวียนอากาศแบบทั่วถึงดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งช่วยลดการเกิดจุดอับความร้อนภายในห้องอบ และทำให้มั่นใจได้ว่าโครงสร้างที่ออกแบบสามารถส่งถ่ายพลังงานความร้อนไปยังพื้นผิวของเห็ดนางฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอในทุกระดับชั้นถาดอบ



รูปที่ 5 ทิศทางการไหลของลมในตู้อบ

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของตู้อบและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 1 เมื่อคำนวณอัตราการใช้พลังงานของตู้อบตามสมการที่ (1) แสดงให้เห็นว่าปริมาณการสิ้นเปลืองแก๊สมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนแปรผันตรงตามระยะเวลาการเดินเครื่อง โดยในการทดสอบครั้งที่ 1 เวลา 20 นาที มีการบริโภคแก๊สไป 2.34 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 15.60 ของถังบรรจุ และเพิ่มขึ้นสูงสุดในการทดสอบครั้งที่ 5 เวลา 40 นาที ที่ปริมาณ 4.12 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 27.46 เมื่อนำผลการทดสอบมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองแก๊สต่อหน่วยเวลา พบว่าตัวเครื่องมีอัตราการใช้แก๊สเฉลี่ยคงที่อยู่ที่ประมาณ 0.10 ถึง 0.11 กิโลกรัมต่อนาที ในทุกสภาวะช่วงเวลา อัตราการสิ้นเปลืองที่สม่ำเสมอนี้เป็นดัชนีชี้วัดเชิงวิศวกรรมที่สำคัญซึ่งพิสูจน์ได้ว่าระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถทำหน้าที่ตัดต่อ และรักษาอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊สเพื่อประคับประคองระดับความร้อนภายในห้องอบได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยไม่เกิดปรากฏการณ์ความร้อนพุ่งเกินเกณฑ์หรือสภาวะการสิ้นเปลืองพลังงานที่ผิดปกติในช่วงเวลาการทำงานที่ยาวนานขึ้น ซึ่งทำให้ตู้อบมีความพร้อมและสมรรถนะที่สมบูรณ์ในแง่ของการทำงาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองแก๊สแอลพีจีของตู้อบที่เวลาต่างๆ

การทดสอบครั้งที่	เวลา (นาที)	แก๊สก่อนอบ (กิโลกรัม)	แก๊สหลังอบ (กิโลกรัม)	แก๊สที่ใช้จริง (กิโลกรัม)	อัตราสิ้นเปลือง (เปอร์เซ็นต์)
1	20	9.94	7.60	2.34	15.60
2	25	7.60	4.82	2.78	18.53
3	30	4.82	1.59	3.23	21.53
4	35	14.80	11.14	3.66	24.40
5	40	11.14	7.02	4.12	27.46

ผลการทดสอบการอบลดความชื้นเห็ดนางฟ้าเริ่มต้น 4 กิโลกรัม ความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นร้อยละ 100 ณ ที่ทำการทดลองอบระดับอุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20 30 40 นาที แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าอัตราการลดลงของน้ำหนักและความชื้นแปรผันตรงตามอุณหภูมิและเวลา โดยการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 40 นาที ให้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดในเชิงพาณิชย์เนื่องจากสามารถลดความชื้นให้เหลือร้อยละ 5 โดยมีน้ำหนักคงเหลือเท่ากับ 0.2 กิโลกรัม ซึ่งรวดเร็วกว่าการตากแดดแบบดั้งเดิมถึง 10 เท่า

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักและความชื้นมาตรฐานเปียกของเห็ดนางฟ้าที่สภาวะต่างๆ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส น้ำหนัก (กิโลกรัม)/ เปอร์เซ็นต์ความชื้น	อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส น้ำหนัก (กิโลกรัม)/ เปอร์เซ็นต์ความชื้น	อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส น้ำหนัก (กิโลกรัม)/ เปอร์เซ็นต์ความชื้น
เริ่มต้น	4.00/100	4.00/100	4.00/100
20	3.2/80	2.7/67.5	2.2/55
25	2.8/70	2.1/52.5	1.2/30
30	2.2/55	1.5/35	0.4/10
35	1.7/42.5	0.8/20	0/0
40	1.2/30	0.2/5	0/0

5. สรุปและอภิปรายผล

ในการออกแบบตู้อบเห็ดนางฟ้าควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยแก๊สแอลพีจีสอดคล้องกับหลักการพาความร้อนแบบบังคับ ซึ่งผลการจำลองชี้ให้เห็นการไหลเวียนของลมร้อนที่ทั่วถึงไม่มีจุดอับความร้อน จากนั้นเมื่อนำแบบของตู้อบที่ได้ทำการออกแบบและสร้างไปทดลองใช้พบว่า ด้านสมรรถนะพลังงานพบว่าตู้อบเห็ดนางฟ้าที่สร้างขึ้นมีอัตราสิ้นเปลืองแก๊สเฉลี่ยคงที่ 0.10 ถึง 0.11 กิโลกรัมต่อนาที สะท้อนถึงเสถียรภาพที่แม่นยำของระบบควบคุมของตู้อบสามารถทำงานได้โดยปราศจากการที่อุณหภูมิมีการแกว่งในตู้อบของระบบควบคุมด้วยมือ อีกด้านหนึ่งจากการทดลองการใช้งานจริงเบื้องต้นของการอบเห็ดนางฟ้าเพื่อลดความชื้นพบว่าผลการลดความชื้นพบว่าสภาวะอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 40 นาที มีความเหมาะสมเชิงพาณิชย์สูงสุดโดยสามารถลดความชื้นมาตรฐานเปียกเหลือร้อยละ 5 โดยมีน้ำหนักเห็ดนางฟ้าคงเหลือ 0.2 กิโลกรัม ซึ่งรวดเร็วกว่าการตากแดดแบบดั้งเดิมถึง 10 เท่า ดังนั้นตู้อบเห็ดนางฟ้าที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถตอบโจทย์การแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดในช่วงฤดูฝนและความลดความเสี่ยงด้านสุขอนามัยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่าได้อย่างมีนัยสำคัญ ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ควรมีการติดตั้งระบบตรวจจับเปลวไฟดับเพื่อความปลอดภัยขั้นสูง งานวิจัยในเฟสถัดไปกลุ่มผู้วิจัยวางแผนที่จะทำการศึกษาจลนศาสตร์การอบแห้ง (Drying Kinetics) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และมีการออกแบบการทดลอง รวมถึงค่าความผันแปรของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้านความชื้นและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าอบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่าต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสง่า อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการสนับสนุนวัตถุดิบเห็ดนางฟ้า เอื้อเฟื้อพื้นที่ในการจัดตั้งและทดสอบ ตลอดจนสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

7. เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ นักผูก.(2562).*วิจัยพัฒนาเครื่องตัดขึ้นรูปและเครื่องอบแห้งสำหรับกระบวนการผลิตชาฝรั่ง* (รายงานโครงการวิจัย).กรมวิชาการเกษตร.

จันทร์ผง, อ., เนตรสว่าง, พ., ไชยทนุ, น., ไชยยา, อ., & ศรีนวล, อ. (2567). การพัฒนาชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและแหล่งความร้อนที่นำมาใช้สำหรับการระเหยแก๊สของการอบแห้งลำไยทั้งเปลือก. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 30(2), 42–52.

มณีโชต, ภ., เทียนสา,ก., นครชัยศรี, ช., เกื้อทวีกุล, ท., มณีโชติ, ว., & ปัญญาอูด, ค. (2564). การพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊ส LPG ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ. *งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย*, ครั้งที่ 14, 418–422.

ศรีชัย, ป., และทำนา, ส. (2568). ประสิทธิภาพและนวัตกรรมในการประหยัดเชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับการปรุงอาหาร: การวิเคราะห์เชิงบูรณาการ. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี มนร., 4(1),* 45–55. สืบค้นจาก https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/JASET/article/view/321

ศุกระมูล, ก., ไชยนาม, จ., พัฒธร, ส., บุญชูวิทย์, ศ., โพธิ์สุวรรณ์, อ., & ศุขไพบูลย์, ณ. (2567). การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้ง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 12(1)*, 79–92.

Abraham Galappaththi, M., Dauner, L., Madawala, S., and Karunarathna, S. (2021). Nutritional and medicinal benefits of Oyster (Pleurotus) mushrooms: A review. Fungal Biotec, 1, 65–87. https://doi.org/10.5943/FunBiotec/1/2/5

Christanto, F., Sitepu, R., and Joewono, A. (2017). Chips dryer applications using liquid petroleum gas power. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *12*(24), 7070–7076.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering, Drying*, *49*(4), 311–319. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การออกแบบและประเมินสมรรถนะเครื่องตัดเศษใบตองตึงแบบสายพานป้อน

ขัติพงษ์ จิโนสุวัตร์* และ วิวัฒน์ สิงใส

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

*khattipong@rmutl.ac.th เบอร์โทร 089-1911046

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินสมรรถนะเครื่องตัดเศษใบตองตึงแบบสายพานป้อน สำหรับตัดเศษใบตองตึงที่เหลือจากกระบวนการผลิตภาชนะและผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง โดยเครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดสายพานลำเลียงป้อนเศษใบตองตึงและชุดใบมีดตัด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง เลือกใช้ใบมีดที่มีมุมคม 25-30 องศา เพื่อให้เหมาะสมกับการสับวัสดุเส้นใยพืชและรองรับแรงกระแทกป้องกันการแตกบิ่นได้ดี การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องดำเนินการโดยปรับความเร็วสายพานลำเลียง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 อัตราความเร็ว 0.24 เมตรต่อนาที ระดับ 2 อัตราความเร็ว 0.47 เมตรต่อนาที และระดับ 3 อัตราความเร็ว 0.72 เมตรต่อนาที และกำหนดน้ำหนักเศษใบตองตึงที่ป้อนครั้งละ 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลกรัม คงที่ความเร็วจังหวะการตัดของใบมีดที่ 181 ครั้งต่อนาที จากนั้นประเมินผลด้านขนาดของเส้นใบตองตึงและระยะเวลาในการตัด

ผลการวิจัยพบว่า ความเร็วสายพานลำเลียงมีผลต่อขนาดของเส้นใบตองตึงอย่างชัดเจน โดยเมื่อกำหนดความเร็วที่อัตรา 0.72 เมตรต่อนาที สามารถสับใบตองตึงให้มีความกว้างเฉลี่ย 7.73–7.77 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงขนาดที่ต้องการ (5–8 มิลลิเมตร) และเมื่อป้อนเศษใบตองตึงครั้งละ 1.0 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 110.33 วินาที ซึ่งให้ความเหมาะสมทั้งด้านคุณภาพของชิ้นงานและประสิทธิภาพการผลิตมากที่สุด และได้ทดลองสุ่มเศษใบตองตึงที่ตัดเสร็จมาจำนวน 100 ใบ จะมีใบตองตึงที่มีขนาดความกว้าง 5-8 มิลลิเมตรอยู่ประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง คือ การตั้งความเร็วสายพานลำเลียงที่ระดับ 3 และป้อนเศษใบตองตึงครั้งละ 1.0 กิโลกรัม เครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถลดระยะเวลาในการผลิต ลดการใช้แรงงานคน เพิ่มความสม่ำเสมอของชิ้นงาน การใช้งานมีความปลอดภัย และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุจาก

กระบวนการผลิต อันเป็นแนวทางในการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : เครื่องตัดเศษใบตองตึง ใบตองตึง เครื่องจักรกลเกษตร การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ วิสาหกิจชุมชน

Design and Performance Evaluation of a Belt-Fed Dried Dipterocarp Leaf Shredding Machine

Khattipong Jinosuwat* and Wiwat Singsai

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*khattipong@rmutl.ac.th, Tel. 089-1911046

Abstract

This study aimed to design and evaluate the performance of a belt-fed leaf shredding machine developed to process residual Dipterocarpus tuberculatus (Tong Tuing) leaves from community enterprise bio-packaging manufacturing for circular resource recovery. The prototype machine comprises a belt conveyor feeding assembly and a shear blade cutting mechanism driven by an electric motor. The cutting blades were designed with a 25°–30° bevel angle to optimize the shearing of fibrous plant materials while enhancing impact toughness to prevent edge chipping. Performance evaluation was conducted across three conveyor feed rates—Level 1 (0.24 m/min), Level 2 (0.47 m/min), and Level 3 (0.72 m/min)—and three batch feeding loads (0.5, 1.0, and 1.5 kg) at a constant cutting stroke frequency of 181 strokes/min. The evaluated response parameters included shredded leaf strip width and processing duration.

The experimental results revealed that conveyor speed significantly influenced the shredded leaf strip width. Operating at a feed rate of 0.72 m/min yielded an average strip width of 7.73–7.77 mm, which successfully satisfied the target specification range of 5.0–8.0 mm. A batch feeding load of 1.0 kg required an average processing time of 110.33 s, achieving the optimal trade-off between cut quality and throughput efficiency. Random sampling of 100 shredded pieces demonstrated that 78% of the strips met the target width range of 5.0–8.0 mm. Consequently, the optimal operating parameters were established at a conveyor speed of 0.72 m/min (Level 3) and a batch feed load of 1.0 kg. The developed machine effectively reduces processing cycle time and manual labor intensity, improves product dimensional uniformity, ensures operational safety, and adds value to manufacturing residues, thereby providing a sustainable pathway for resource optimization and local community enterprise development.

Keywords: *Leaf shredding machine, Thung leaf (Dipterocarpus tuberculatus), Agricultural machinery, Waste valorization, Community enterprise*

1. บทนำ

ต้นตองตึง (Dipterocarpus tuberculatus Roxb) หรือที่รู้จักในชื่อ "ต้นพลวง" ในภาคกลาง และ "ต้นกุง" ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ยางนา (Dipterocarpaceae) ที่พบมากในป่าเต็งรังของประเทศไทยโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเด่นคือใบขนาดใหญ่ หนา และมีความเหนียว จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในวิถีชีวิตของชุมชนท้องถิ่นมาอย่างยาวนาน ไม่ว่าจะเป็นการนำใบมาทำตับสำหรับมุงหลังคาและทำฝาบ้าน ใช้ห่ออาหาร รวมถึงใช้เป็นวัตถุดิบในงานหัตถกรรมพื้นบ้าน นอกจากนี้ ส่วนต่าง ๆ ของต้นตองตึงยังถูกนำมาใช้ประโยชน์ตามภูมิปัญญาท้องถิ่น และเป็นทรัพยากรที่ช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และปัจจุบันแนวโน้มการใช้วัสดุธรรมชาติและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้รับความนิยม ใบตองตึงได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท เช่น ภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ ของตกแต่งบ้าน อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตภาชนะและผลิตภัณฑ์จากใบตองตึงยังคงมีเศษวัสดุเหลือใช้จากการตัดแต่งและขึ้นรูปเป็นจำนวนมาก ซึ่งหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น กลุ่มชุมชน ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีการนำใบตองตึงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ภาชนะสร้างรายได้ให้กับชุมชน แต่พบว่ามีเศษใบตองตึงที่เหลือจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง แต่จำเป็นต้องมีการตัดให้เป็นลักษณะเส้นๆ กว้างประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ปัจจุบันการตัดเศษใบตองตึงยังใช้วิธีการตัดด้วยมือโดยใช้กรรไกร ทำให้ต้องใช้เวลานาน สิ้นเปลืองแรงงาน และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ การตัดด้วยแรงงานคนยังส่งผลให้ขนาดของชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน ไม่สม่ำเสมอ และไม่สามารถควบคุมคุณภาพของผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดเศษใบตองตึง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดเศษใบตองตึงให้มีขนาดสม่ำเสมอ ลดระยะเวลาในการทำงาน ลดการใช้แรงงานคน และเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังช่วยให้สามารถนำเศษวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า สอดคล้องกับแนวคิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการลดของเสียจากกระบวนการผลิต (Zero Waste) นอกจากนี้ การพัฒนาเครื่องตัดเศษใบตองตึงยังเป็นการประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน ช่วยยกระดับกระบวนการผลิตให้มีมาตรฐานมากขึ้น ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ และส่งเสริมการสร้างรายได้แก่ชุมชน อันจะนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใบตองตึง

ใบตองตึงเป็นส่วนใบของต้นตองตึงที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ลักษณะเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ กว้างประมาณ 15–40 เซนติเมตร และยาวประมาณ 15–28 เซนติเมตร เนื้อใบหนา แข็งแรง และมีความเหนียวสูง สามารถทนต่อการฉีกขาดได้ดี จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นวัสดุธรรมชาติในด้านต่างๆ ในอดีตชาวบ้านนิยมนำใบตองตึงมาเย็บเป็นแผ่นสำหรับมุงหลังคาและทำฝาบ้าน เรียกว่า “ตับตองตึง” เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ระบายอากาศได้ดี และช่วยลดความร้อนภายในอาคาร นอกจากนี้ยังใช้ใบสดสำหรับห่ออาหาร ห่อข้าวเหนียว และรองภาชนะอาหารตามวิถีชีวิตพื้นบ้าน

ใบตองตึงยังมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของชุมชน โดยสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมต่างๆ เช่น ภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ ของตกแต่งบ้าน และผลิตภัณฑ์สร้างสรรค์อื่น ๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มและสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันใบตองตึงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นจากกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการลดการใช้วัสดุสังเคราะห์ ส่งผลให้มีการนำใบตองตึงมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ ทั้งในระดับชุมชนและระดับอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมการใช้วัสดุทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 1 ใบตองตึง (Dhammajak.net)

2.2 ใบมีดตัด

การออกแบบใบมีดคณะผู้จัดทำได้มีการศึกษาใบมีดตัด (Cutting Tool) องค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการตัด ทั้งนี้เพราะการตัดวัสดุเกิดขึ้นที่บริเวณใกล้คมมีด ความแข็งแรง ความทนการสึกหรอและขีดความสามารถอื่น ๆ ของใบมีดจะเป็นปัจจัยอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการตัด

2.2.1 สิ่งที่ควรศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับใบมีดตัด

1) ลักษณะทางเรขาคณิตของใบมีด (Cutting Tool Geometry) หมายถึงมุมมีดตัดและลักษณะต่าง ๆ

2) วัสดุใบมีดตัด (Cutting Tool Material) รวมถึงโครงสร้างของใบมีดตัด เช่น โครงสร้างจุลภาคและการเคลือบผิว

3) สมรรถนะของใบมีดตัด (Cutting Tool Performance) เช่น ความแข็งแรง ความทนทานต่อการสึกหรอ ค่าความเร็วสูงสุดที่สามารถรับได้

2.2.2 คุณสมบัติของวัสดุใบมีด

หลักการขั้นพื้นฐานของการตัดวัสดุโดยใช้ใบมีดตัด วัสดุที่แข็งกว่าย่อมตัดวัสดุที่อ่อนกว่าให้เป็นรอยหรือขาดจากกันได้ ดังนั้นใบมีดตัดจะต้องทำจากวัสดุที่ความแข็งสูงกว่าชิ้นงานเสมอ วัสดุที่เหมาะในการนำมาทำใบมีดตัด ควรจะมีสมบัติดังนี้

2.2.3 มุมของใบมีดตัด

มุมที่ใช้ในการลับคมใบมีด มีหลายมุมตามชนิดของใบมีด จึงต้องเลือกมุมการลับคมของใบมีที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องตัดเศษใบตองตึง โดยคำนึงถึงทั้งความคมและความคงทน ตามตารางที่ 1 แสดงถึงค่ามุมของใบมีดตามแบบและลักษณะต่างๆ

ตารางที่ 1 ค่ามุมของใบมีดตามแบบและลักษณะต่างๆ

มุมของคมใบมีด	ลักษณะการใช้งาน
7–12 องศา	คมมากที่สุด ใช้แรงตัดต่ำ แต่คมเปราะและสึกหรอง่าย เช่น ใบมีดโกน
12–17 องศา	เหมาะกับงานตัดละเอียดและวัสดุอ่อน เช่น มีดแล่ปลา มีดปอกผลไม้
17–22 องศา	เหมาะกับงานตัดทั่วไป ให้สมดุลระหว่างความคมและความแข็งแรง เช่น มีดเชฟ มีดครัวทั่วไป
22–25 องศา	เหมาะกับงานหนักหรือวัสดุที่มีความเหนียว เช่น มีดล่าสัตว์ มีดพับ
25–30 องศา	เหมาะกับงานสับและงานที่ต้องรับแรงกระแทกสูง เช่น มีดสับ มีดพร้า

2.2.4 อิทธิพลของมุมใบตัดมีผลต่อโครงสร้างเส้นกลางใบ

ใบตองตึงมีเส้นกลางใบและเส้นใบย่อยที่เป็นท่อลำเลียงแข็งแบบลิกนิน ซึ่งมีความต้านทานแรงเฉือนสูงกว่าเนื้อใบหลายเท่าตัว การคำนวณแรงเฉือนสูงสุด (Fs) สำหรับการตัดผ่านเส้นกลางใบขึ้นอยู่กับความเค้นเฉือนวิกฤต τ_s และพื้นที่ตัดเฉือน (A) ตามสมการ (1)

$$F_s = \tau_s.A = \tau_s.t.L \qquad (1)$$

เมื่อ L คือความกว้างของรอยตัด การใช้ใบตัดที่มีมุมเอียงหรือมุมป้านเฉลียง (α) จะช่วยลดแรงตัดชั่วขณะลงได้อย่างมาก เนื่องจากเปลี่ยนจากการตัดพร้อมกันตลอดความยาวเป็นการตัดแบบตัดผ่านก้าวหน้า

ตาราง 2 เปรียบเทียบแรงตัดเฉือนตามมุมของคมตัด

มุมคมตัด (Blade Bevel Angle)	แรงตัดเฉือนที่เกิดขึ้น (N/m)	ลักษณะรอยตัด
15 องศา (คมตัดเรียว)	1,876.5 – 2,789.0	รอยตัดคม ไม่เกิดการรุ่ยของเส้นใย โครงสร้างเส้นกลางใบไม่แตกพ่าย
30 องศา (มุมมาตรฐาน)	2,452.5 – 3,727.8	เหมาะสำหรับ Die-cutting แบบตัดพร้อมอัด มีความทนทานของคมตัดสูง
45 องศา (คมตัดทู่/ทนทาน)	3,220.3 – 4,832.4	เกิดการช้ำก่อนการขาด มีแรงต้านทานสูง

จากการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบเชิงวิศวกรรม การใช้คมตัดทำมุม 15 องศา ช่วยลดแรงตัดลงได้ถึงร้อยละ 41.7 เมื่อเทียบกับมุม 45 องศา ซึ่งส่งผลต่อการลดขนาดมอเตอร์ขับเคลื่อนหรือกระบอกสูบไฮดรอลิกในระบบตัดได้อย่างมีนัยสำคัญ (Eliçin, A., 2019)

ดังนั้นงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยเลือกใช้มุมของคมมีด 25-30 องศา เนื่องจากเป็นมุมที่เหมาะสมสำหรับงานสับวัสดุเส้นใยพืช สามารถรองรับแรงกระแทกได้ดี เน้นที่มีความแข็งแรงของคมมีดสูง ลดโอกาสการบิ่นหรือสึกหรอของคมมีดระหว่างการใช้งาน

2.3 การหาความเร็วรอบของเพลาหรือของพูลเลย์

การหาความเร็วรอบของเพลา สามารถหาได้จากสมการ (2)

$$\frac{RPMa}{DIAb} = \frac{RPMb}{DIAa} \quad (2)$$

โดยที่ RPMa = ความเร็วรอบของพูลเลย์ขับ
RPMb = ความเร็วรอบพูลเลย์ตาม
DIAa = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ขับ
DIAb = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตาม

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของพูลเลย์ เนื่องจากมีการทดรอบของพูลเลย์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการใช้งาน การทดรอบจึงมีผลต่อกำลังการขับของมอเตอร์ต้นกำลัง จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ (3)

$$Power = T \times \omega \quad (3)$$

โดยที่ P = กำลัง (Power) หน่วย W
T = แรงบิด (Torque) หน่วย N·m
ω = ความเร็วเชิงมุม (Angular Speed) หน่วย rad/s

ดังนั้นเมื่อความเร็วรอบลดลงแรงบิดจะเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นแรงบิดจะลดลง กรณีพูลเลย์ขนาดเล็กขับพูลเลย์ขนาดใหญ่ตาม ความเร็วรอบที่พูลเลย์ตามจะลดลงแต่แรงบิดจะเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังในการหมุนมาก เช่น เครื่องบด เครื่องอัด หรือสายพานลำเลียง กรณีพูลเลย์ขนาดใหญ่ขับพูลเลย์ขนาดเล็กตามความเร็วรอบที่พูลเลย์ตามจะเพิ่มขึ้นแต่แรงบิดลดลงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการรอบสูงแต่ต้องการแรงบิดน้อย เช่น พัดลม เครื่องเจียระไน เป็นต้น

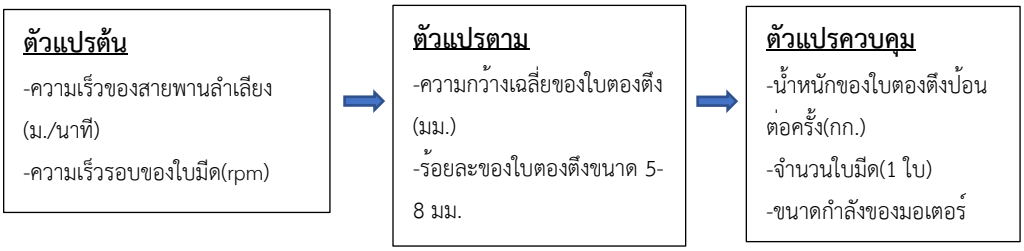
จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องตัดแบบต่างๆผู้วิจัยพบว่า มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับยอดอ้อยและต้นข้าวโพดเพื่อใช้เป็นอาหารโคนมของ (ทองโยธี, 2567) โดยมีการศึกษาองค์ประกอบของเครื่องและทดสอบสมรรถนะการทำงานภายใต้สภาวะต่างๆ และยังได้พบว่าเครื่องสามารถสับวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ขนาดชิ้นวัสดุสม่ำเสมอ และช่วยเพิ่มกำลังการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคน อีกทั้งยังมีงานวิจัยของ (พัทธวณิช,2567) ได้ออกแบบและพัฒนา

เครื่องแยกเส้นใยและทำความสะอาดเส้นใยผลตาลสุก เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เครื่องต้นแบบสามารถแยกและทำความสะอาดเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยลดระยะเวลาในการทำงานและลดการใช้แรงงาน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากรูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย เริ่มจากมีเศษของใบตองตึงที่เหลือจากกระบวนการขึ้นรูปเป็นผลิตตภัณฑ์ต่างๆ แต่ชาวบ้านยังสามารถนำเศษใบตองตึงดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีก โดยต้องนำมาตัดให้ได้ความกว้างประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ชาวบ้านต้องการที่สุด ด้วยเหตุผลของความเหมาะสมในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยถ้าความกว้างของใบตองตึงที่ได้มีขนาดเล็กเกินไปจะมีผลต่อการจับยึดกัน และถ้ามีขนาดกว้างเกินไป เช่น ถ้าเกิน 10 มิลลิเมตร ก็จะทำให้ส่วนโค้ง หรือมุมของผลิตภัณฑ์ทำได้ยากและมีผลต่อความสวยงาม



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 3 เศษใบตองตึง



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากเศษใบตองตึง

การออกแบบเครื่องตัดเศษใบตองตึงเลือกใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะง่ายต่อการควบคุมการทำงาน คือ สามารถกำหนดความเร็วของมอเตอร์ได้ง่ายกว่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และการทำงานได้ทำงานในบริเวณหมู่บ้านมีระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์รองรับ โดยหลักการออกแบบเครื่องตัดเศษใบตองตึงต้องคำนึงถึงในส่วนของผู้ใช้งานด้านความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และการบำรุงรักษาด้วย โดยสรุปส่วนประกอบของเครื่องตัดเศษใบตองตึงจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของชุดสายพานลำเลียง และส่วนของชุดใบมีดสับ

ส่วนของชุดสายพานลำเลียงป้อนใบตองตึงจะใช้ มอเตอร์เกียร์ทดขนาด 220 โวลต์ 90 วัตต์ และอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์เกียร์ขนาด 220 โวลต์ 2 แอมป์ เพื่อควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียง ในการทดลองจะปรับการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 3 ระดับ ได้แก่

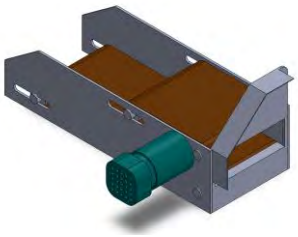
ระดับที่ 1 หมุนไปที่เลข 3 จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์ 8 รอบต่อนาที อัตราการไหลของสายพาน 0.24 เมตรต่อนาที

ระดับที่ 2 หมุนไปที่เลข 6 จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์ 16 รอบต่อนาที อัตราการไหลของสายพาน 0.47 เมตรต่อนาที

ระดับที่ 3 หมุนไปที่เลข 9 จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์ 24 รอบต่อนาที อัตราการไหลของสายพาน 0.72 เมตรต่อนาที

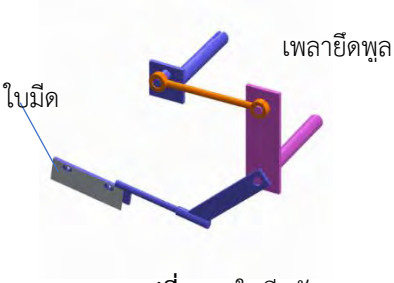


รูปที่ 5 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์เกียร์



รูปที่ 6 ชุดสายพานป้อนลำเลียงป้อนใบตองตึง

และในส่วนของชุดใบมีดตัดใช้มอเตอร์กระแสสลับขนาด ½ แรงม้า พูลเลย์ขับขนาด 2 นิ้ว และพูลเลย์ตามขนาด 16 นิ้ว เป็นตัวทดกำลัง จึงได้ความเร็วในการตัดของใบมีดคงที่อยู่ประมาณที่ 181 ครั้งต่อนาที



รูปที่ 7 ชุดใบมีดตัด



รูปที่ 8 เครื่องตัดเศษใบตองตึง

ส่วนของการทดลองทดสอบเครื่องตัดเศษใบตองตึงจะพิจารณาด้านเวลาที่ใช้ในการตัด ความสม่ำเสมอของขนาด และขนาดของเส้นใบตองตึงเฉลี่ยที่ต้องการ 5-8 มิลลิเมตร และปริมาณการผลิต

4. ผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานของเครื่องตัดเศษใบตองตึงที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา โดยการทดสอบในครั้งนี้เพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตั้งค่าเครื่องตัดเศษใบตองตึงเพื่อให้ได้ชิ้นงานใบตองตึงที่ตัดแล้วออกมามีความกว้างของเส้นใบตองตึงอยู่ช่วงประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ตามที่ต้องการ โดยค่าที่เกี่ยวข้องจะประกอบไปด้วย ระดับความเร็วรอบของมอเตอร์สายพานลำเลียง โดยจะตั้งค่าความเร็วของมอเตอร์มอเตอร์สายพานลำเลียงอยู่ 3 ระดับ คือ เลข 3, 6 และ 9 และจะได้ค่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 0.24, 0.47 และ 0.72 เมตรต่อนาที ตามลำดับ และกำหนดน้ำหนักของเศษใบตองตึงที่ป้อนเข้าสายพานลำเลียงแต่ละครั้ง เป็น 3 ค่า คือ ครั้งละประมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลกรัม ส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องจะคงที่ไว้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องตัดเศษใบตองตึง ตั้งความเร็วสายพานลำเลียงที่ 0.24 เมตร/นาที

ครั้งที่	น้ำหนักเศษใบตองตึง (กิโลกรัม)	ขนาดกว้างที่ตัดได้ (มิลลิเมตร)	ขนาดกว้างที่ตัดได้ เฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาในการตัด (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	0.5	1.1	1.13	120	129.33
2	0.5	1.2		137	
3	0.5	1.1		131	
1	1.0	1.0	1.07	279	279.67
2	1.0	1.1		283	
3	1.0	1.1		277	
1	1.5	1.1	1.10	417	417.00
2	1.5	1.1		415	
3	1.5	1.1		419	

จากตารางที่ 3 ได้กำหนดความเร็วสายพานลำเลียงที่ 0.24 เมตร/นาที และกำหนดน้ำหนักของเศษใบตองตึงครั้งละ 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม ตามลำดับ จะได้ผลคือ กรณีใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 0.5

กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 1.13 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 129.33 วินาที ถ้าใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 1 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 1.07 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 279.67 วินาที ถ้าใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 1.10 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 417.00 วินาที

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องตัดเศษใบตองตึง ตั้งความเร็วสายพานลำเลียงที่ 0.47 เมตร/นาที

ครั้งที่	น้ำหนักเศษใบตองตึง (กิโลกรัม)	ขนาดกว้างที่ตัดได้ (มิลลิเมตร)	ขนาดกว้างที่ตัดได้ เฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาในการตัด (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	0.5	4.1	4.07	107	111.00
2	0.5	4.1		115	
3	0.5	4.0		111	
1	1.0	4.1	4.07	177	175.33
2	1.0	4.0		170	
3	1.0	4.1		179	
1	1.5	4.1	4.07	262	269.00
2	1.5	4.1		277	
3	1.5	4.0		268	

จากตารางที่ 4 ได้กำหนดความเร็วสายพานลำเลียงที่ 0.47 เมตร/นาที และกำหนดน้ำหนักของเศษใบตองตึงครั้งละ 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม ตามลำดับ จะได้ผลคือ กรณีใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 4.07 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 111.00 วินาที ถ้าใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 1 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 4.07 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 175.33 วินาที ถ้าใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 4.07 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 269.00 วินาที

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเครื่องตัดเศษใบตองตึง ตั้งความเร็วสายพานลำเลียงที่ 0.72 เมตร/นาที

ครั้งที่	น้ำหนักเศษใบตองตึง (กิโลกรัม)	ขนาดกว้างที่ตัดได้ (มิลลิเมตร)	ขนาดกว้างที่ตัดได้ เฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาในการตัด (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	0.5	7.7	7.73	60	60.00
2	0.5	7.8		60	
3	0.5	7.7		60	
1	1.0	7.7	7.77	113	110.33
2	1.0	7.8		107	
3	1.0	7.8		111	
1	1.5	7.7	7.73	173	173.67
2	1.5	7.8		171	
3	1.5	7.7		177	

จากตารางที่ 5 ได้กำหนดความเร็วสายพานลำเลียงที่ 0.72 เมตร/นาที และกำหนดน้ำหนักของเศษใบตองตึงครั้งละ 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม ตามลำดับ จะได้ผลคือ กรณีใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 7.73 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 60 วินาที ถ้าใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 1 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 7.76 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัดเฉลี่ย 110.33 วินาที ถ้าใส่ใบตองตึงน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม จะได้ความกว้างของเศษใบตองตึงที่ตัดเฉลี่ย 7.73 มิลลิเมตร ใช้เวลาตัด เฉลี่ย 173.67 วินาที

ตารางที่ 6 ผลการสุ่มตัวอย่างเพื่อหาจำนวนของเส้นใบตองตึงที่มีขนาดความกว้างที่ต้องการ

ขนาดความกว้าง	เปอร์เซ็นต์	หมายเหตุ
2-4 มิลลิเมตร	12	มีขนาดเล็กเกินต้องการ
5-8 มิลลิเมตร	78	ขนาดตามต้องการ
มากกว่า 8 มิลลิเมตร	10	ขนาดกว้างเกินต้องการ
รวม	100	

จากตารางที่ 6 จากการตั้งค่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 0.72 เมตรต่อนาที ได้ทำการจับสุ่มตัวอย่างเศษใบตองตึงที่ผ่านการตัดมาจำนวน 100 เส้น นำมาวัดขนาด และสามารถจัดกลุ่มแบ่ง

ตามขนาดความกว้างผลที่ได้คือ เส้นใบตองตึงที่มีขนาดความกว้างอยู่ระหว่าง 2-4 มิลลิเมตรจะมีอยู่ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ขนาดความกว้างอยู่ระหว่าง 5-8 มิลลิเมตร(เป็นขนาดที่ต้องการ) จะมีอยู่ประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ และขนาดความกว้างมากกว่า 8 มิลลิเมตรจะมีอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลนี้จะเห็นได้ว่าถึงจะมีการตั้งความเร็วของสายพานลำเลียงที่เหมาะสมก็ยังมีเส้นใบตองตึงที่ตัดออกมาแล้วไม่เป็นที่ต้องการถึง 22 เปอร์เซ็นต์ จึงควรมีการออกแบบปรับปรุงกลไกของเครื่องตัดเศษใบตองตึงให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น เช่น ใช้มอเตอร์ที่สามารถกำหนดระยะที่แน่นอนของการไหลของสายพานลำเลียง อย่างเช่น สเต็ปมอเตอร์ หรือเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดใบตองตึงจากเศษใบตองตึงที่เหลือจากการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว โดยการกำหนดตั้งค่าความเร็วของสายพานลำเลียงอยู่ 3 ระดับ คือ 0.24, 0.47 และ 0.72 เมตรต่อนาที ตามลำดับ และกำหนดน้ำหนักของเศษใบตองตึงในการป้อนเข้าสายพานลำเลียงแต่ละครั้งเป็น 3 ค่า คือ ครั้งละประมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลกรัม ได้ผลการทดลองดังนี้

กำหนดค่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 0.24 เมตรต่อนาที ที่น้ำหนักของเศษใบตองตึง 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม จะได้ขนาดของเส้นใบตองตึงที่มีความกว้างเฉลี่ย 1.10 – 1.13 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของเส้นใบตองตึงที่มีขนาดกว้างเกินกว่าขนาดที่เป็นความต้องการ เนื่องด้วยความเร็วของสายพานลำเลียงช้าเกินไป

กำหนดค่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 0.47 เมตรต่อนาที ที่น้ำหนักของเศษใบตองตึง 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม จะได้ขนาดของเส้นใบตองตึงที่มีความกว้างเฉลี่ย 4 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของเส้นใบตองตึงที่มีขนาดความกว้างเล็กกว่าขนาดที่เป็นความต้องการ แต่ก็ยังสามารถนำมาใช้งานได้อยู่ เนื่องด้วยการปรับเลขควบคุมความเร็วของมอเตอร์อยู่กลางๆ ทำให้มอเตอร์มีกำลังสูงสุด ความเร็วของสายพานลำเลียงจึงเร็วขึ้น

กำหนดค่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 0.72 เมตรต่อนาที ที่น้ำหนักของเศษใบตองตึง 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม จะได้ขนาดของเส้นใบตองตึงที่มีความกว้างเฉลี่ย 7.73 – 7.77 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของเส้นใบตองตึงที่มีขนาดกว้างอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ เนื่องด้วยความเร็วของสายพานลำเลียงเร็วขึ้นและมีความสัมพันธ์พอดีกับจังหวะการตัดของใบมีด จึงได้ขนาดความกว้างของเศษใบตองตึงตามที่ต้องการ

จะเห็นได้ว่าการกำหนดค่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 0.72 เมตรต่อนาที ได้เส้นใบตองตึงที่มีความกว้างเฉลี่ย 5-8 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เป็นความต้องการ และพิจารณาที่ขนาดน้ำหนักของเศษใบตองตึงที่ป้อนเข้าเครื่องแต่ละครั้ง การป้อนครั้งละ 0.5 กิโลกรัม จะใช้เวลาเฉลี่ย 60 วินาที ถ้าเทียบเป็น 1 กิโลกรัมจะใช้เวลา 120 วินาที การป้อนครั้งละ 1 กิโลกรัม จะใช้เวลาเฉลี่ย 110 วินาที และ

การป้อนครั้งละ 1.5 กิโลกรัม จะใช้เวลาเฉลี่ย 173 วินาที ถ้าเทียบเป็น 1 กิโลกรัมจะใช้เวลา 115 วินาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ควรจะตั้งความเร็วของสายพานลำเลียงที่ระดับ 0.72 เมตรต่อนาที และการป้อนเศษใบตองตึงครั้งละ 1 กิโลกรัมจะมีความเหมาะสมมากที่สุด จากการทดลองสุ่มเศษใบตองตึงที่ตัดได้จะมีใบตองตึงที่มีขนาดความกว้าง 5-8 มิลลิเมตรอยู่ประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณวิสาหกิจชุมชนบ้านต้นผึ้ง หมู่ 7 ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และผู้ช่วยศาสตราจารย์วรเชษฐ์ หวานเสียง อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้ให้ข้อมูล คำแนะนำ และคำปรึกษา

7. เอกสารอ้างอิง

ทองโยธี, ส., น้ำทรง, อ., หล่มช่างคำ, ช., และทองโยธี, ช. (2567). การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับยอดอ้อยและต้นข้าวโพดเพื่อเป็นอาหารโคนม. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, 10(1), 9-20.

พัทธวณิช, จ., รุ่งเรืองกิจไกร, ณ., มงคลรัตนาสิทธิ์, ร., มหาอินทร์, ก., คล้อยจ้อย, จ., สาริกานนท์, จ., และชลสาคร, ส. (2567). การออกแบบและการพัฒนาเครื่องแยกเส้นใยและทำความสะอาดเส้นใยผลตาลสุก. *วารสารวิจัยเส้นใย ผ้า และแฟชั่น*, 4(1), 45-66.

Dhammajak.net. (ม.ป.ป.). *ตองตึง (Dipterocarpus tuberculatus Roxb.)*. สืบค้น 2 เมษายน 2569, จาก http://www.dhammajak.net/forums/viewtopic.php?f=17&t=50638

Sharpening Supplies. (n.d.). *Tips for selecting the right bevel angle*. Retrieved 22 April 2026, from https://www.sharpeningsupplies.com/blogs/articles/tips-for-selecting-the-right-bevel-angle

Eliçin, A., Sessiz, A., and Pekitkan, F. (2019). Effect of Various Knife Type, Cutting Angle and Speed on Cutting Force and Energy of Grape Cane. *European Journal of Science and Technology*, 519–525. https://doi.org/10.31590/ejosat.532914

Useful Tropical Plants. (n.d.). *Dipterocarpus tuberculatus images*. Retrieved 2 April 2026, from https://tropical.theferns.info/image.php?id=Dipterocarpus+tuberculatus

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด

กวินท์ สิงห์ทอง[1*], นวรัตน์ กำไลเงิน[1], อภิสรา บัวรภา[1], ปริยากร บัวทอง[1] และยศวรรธน์ จันทนา[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
83 ถ.สระบุรี-หล่มสัก ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

*kawin.singtong@gmail.com, 099-4087272

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของระบบให้สารอาหารอัตโนมัติสำหรับผักสลัดโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยใช้บอร์ด ESP32 ร่วมกับเซนเซอร์ AF326 ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) สารอาหารหลัก (NPK) และความชื้นในดิน และส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชันผ่าน Firebase พร้อมจัดเก็บข้อมูลบน ThingSpeak ทดลองปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คเป็นเวลา 15 วัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างระบบควบคุมการให้สารอาหารและความชื้นในดินตามค่าที่ตรวจวัดจากเซนเซอร์แบบอัตโนมัติกับระบบทำงานตามเวลา โดยกำหนดค่า EC เป้าหมายที่ 1.00 mS/cm ผลการทดลองพบว่า ระบบอัตโนมัติสามารถควบคุมค่า EC เฉลี่ยได้ 0.84 mS/cm สูงกว่าระบบตามเวลาที่มีค่าเฉลี่ย 0.78 mS/cm และสามารถควบคุมความชื้นในดินเฉลี่ย 70.25 % ดีกว่าระบบตามเวลาที่มีความชื้นในดินเฉลี่ย 97.07 % ส่งผลให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตดีกว่า โดยมีจำนวนใบ ความกว้าง และความสูงเฉลี่ยคือ 10.6 ใบ, 8.3 เซนติเมตร และ 9.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าระบบตามเวลาที่มี 9.4 ใบ, 6.3 เซนติเมตร และ 7.6 เซนติเมตร ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของพืชช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของผักสลัดและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ผักสลัด, ค่าการนำไฟฟ้า, เกษตรอัจฉริยะ

Application of IoT for Nutrient Supply Control Based on Lettuce Requirements

Kawin Singtong[1*], Navarat Kamlaingeon[1], Aphisara Buarapa [1], Pariyakorn Buathong [1] and Yotsawat Jantana [1]

[1] Department of Computer Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, 83 Saraburi-Lom Sak Road, Mueang, Phetchabun, Thailand, 67000

*kawin.singtong@gmail.com, 099-4087272

Abstract

This paper presents the development and evaluation of the efficiency an of automatic nutrient supply system for lettuce using Internet of Things (IoT). The system utilizes an ESP32 microcontroller integrated with an AF326 sensor to measure electrical conductivity (EC), macronutrients (NPK), and soil moisture. Data is transmitted in real-time to the mobile application via Firebase and stored on the ThingSpeak cloud platform. A 15-day cultivation experiment on Green Oak lettuce was conducted to compare a sensor-based automatic nutrient control system with a time-based system, with a target EC value set at 1.00 mS/cm. The results revealed that the automatic system maintained an average EC of 0.84 mS/cm which was higher than the time-based system's average of 0.78 mS/cm and achieved an average soil moisture level of 70.25%, performing better than the timer-based system, which had an average soil moisture level of 97.07%. Consequently, the lettuce exhibited better growth in the automatic system, yielding an average of 10.6 leaves, a width of 8.3 cm, and a height of 9.3 cm, compared to the time-based system's averages of 9.4 leaves, 6.3 cm, and 7.6 cm, respectively. These findings demonstrate that applying IoT technology to manage nutrient supply based on plant requirements improves lettuce growth and can be effectively implemented in smart agriculture systems.

Keywords: Internet of Things, Lettuce, Electrical Conductivity, Smart Agriculture

1. บทนำ

ผักสลัดถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมสูงตามแนวโน้มการบริโภคเพื่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม การเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานตลาดยังคงมีความท้าทาย เนื่องจากผักสลัดมีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมสูง หากอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสง หรือระดับธาตุอาหารมีความไม่สมดุลแม้เพียงเล็กน้อย จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโต สีสัน และรสชาติ ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุสำคัญจากการที่เกษตรกรขาดข้อมูลที่แม่นยำในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างไม่เหมาะสมและได้ผลผลิตต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง

แนวคิดเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) จึงเป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดและชุดควบคุมเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมการปลูกได้แบบเรียลไทม์ การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยเปลี่ยนผ่านจากการเพาะปลูกที่อาศัยประสบการณ์ส่วนบุคคล ไปสู่การจัดการเกษตรกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับสภาพแวดล้อมให้มีความเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง ในช่วงที่ผ่านมามีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในการเพาะปลูกผักสลัดและพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการให้น้ำหรือการจ่ายสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม ระบบส่วนใหญ่ยังคงใช้การกำหนดค่าการทำงานแบบคงที่ (Fixed Threshold) โดยยังมีข้อจำกัดในการปรับระดับธาตุอาหารให้สอดคล้องกับความต้องการของผักในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต รวมทั้งยังขาดระบบติดตามและจัดการข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบเรียลไทม์ที่สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับระบบเซนเซอร์ เพื่อตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมและระดับธาตุอาหารในระบบการปลูก โดยมุ่งเน้นการสร้างระบบอัตโนมัติที่สามารถควบคุมระดับธาตุอาหารและปริมาณน้ำให้มีความสม่ำเสมอตามค่าที่ต้องการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดความผิดพลาด และยกระดับคุณภาพของผักสลัดให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด รวมถึงเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อพัฒนาการปลูกพืชให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (IoT) คือ เครือข่ายเชื่อมต่ออุปกรณ์ฝังตัวด้วยเซนเซอร์และซอฟต์แวร์ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาวิศวกรรม การแพทย์ การขนส่ง เศรษฐกิจ และชีวิตประจำวัน (ดอนสัน ปงผาบ, 2565) โดยบอร์ด ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูง มี 2 core ความเร็ว 160–240 MHz รองรับการเชื่อมต่อ Bluetooth

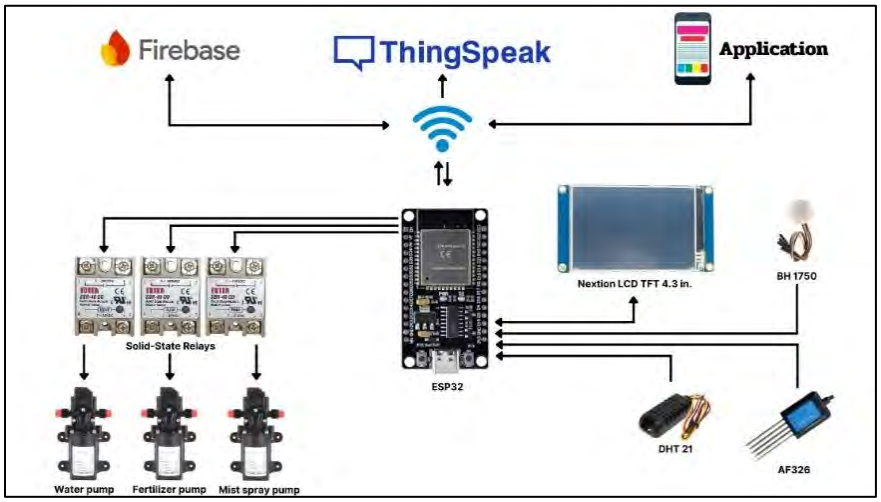
และมีขา I/O หลากหลาย จึงเหมาะสำหรับการพัฒนา IoT โดยมีรุ่นใหม่ที่รองรับการใช้งานที่กว้างขวางขึ้น เช่น ESP32-S2, S3 และ C3 (ภาสกร พาเจริญ, 2565) สำหรับการจัดเก็บข้อมูลผ่าน Firebase มีคุณสมบัติคือ ความสามารถในการใช้งานฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยไคลเอนต์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูล เพื่อรับข้อมูลล่าสุดโดยอัตโนมัติเมื่อมีการอัปเดต จึงเหมาะสำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องการความรวดเร็ว เช่น ระบบ IoT (จีราวุธ วารินทร์, 2564) ในด้านการตรวจวัด เซนเซอร์วัดค่าสารอาหาร (AF326) ในแบบ 5 ขา สามารถวัดพารามิเตอร์ในดินได้ 7 ชนิด คือ อุณหภูมิ, ความชื้น, ค่าความนำไฟฟ้าของดิน (EC), กรด-ด่าง ของดิน (pH), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ผ่านโปรโตคอล RS485 (Modbus RTU) การเขียนโปรแกรมต้องนำค่าอุณหภูมิ ความชื้น และ pH หารด้วย 10 ก่อนใช้งาน ส่วนค่า N, P และ K ใช้หน่วย ppm. ได้ทันที (CWT Co., Limited, ม.ป.ป.) ในการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คควรปลูกในดินร่วนซุยที่ ระบายน้ำดี และอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 25 ° การเก็บเกี่ยวทำได้เมื่ออายุ 30–45 วัน สามารถปลูกได้ทั้งใน ระบบดินและไฮโดรโปนิกส์โดยต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิแสงแดด น้ำ และค่า pH ให้อยู่ในช่วงที่ เหมาะสมประมาณ 5.5–6.5 รวมถึงควบคุมค่าธาตุอาหารหลักไนโตรเจน (N) ประมาณ 150–200 ppm, ฟอสฟอรัส (P) ประมาณ 30–50 ppm โพแทสเซียม (K) ประมาณ 150–200 ppm (ช้อนกลาง, 2568) การควบคุมค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารพืช โดยทั่วไปเมื่อพืชยังเล็กจะมีค่าความต้องการ EC ที่ต่ำและจะ เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเจริญเติบโตมากขึ้นผักสลัดมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ที่ 0.8–1.2 mS/cm (FitFarm เกษตรคนแกร่ง, ม.ป.ป.)

การประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด เป็นการนำ เทคโนโลยีด้าน IoT มาใช้ติดตามความชื้นและค่าความนำไฟฟ้าในดินภายใต้ระบบการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำในสภาวะ ควบคุม การสร้างสถาปัตยกรรมระบบที่ครบวงจร ตั้งแต่การใช้ฮาร์ดแวร์เพื่อรับข้อมูลจริง การส่งข้อมูลไร้สาย การสำรองข้อมูล ไปจนถึงการแสดงผลบนคลาวด์ เพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ และสามารถ ตรวจสอบค่า EC และควบคุมประสิทธิภาพของระบบการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ (Kumari et al., 2025) การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผักสลัดในแปลงปลูก ผ่านการจัดการน้ำอย่างแม่นยำ โดยใช้ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เพื่อตัดสินใจสั่งการอัตโนมัติ ระบบจะเริ่มรดน้ำเมื่อความชื้นต่ำกว่าระดับที่พืช ต้องการ และหยุดทำงานเมื่อความชื้นถึงระดับที่กำหนดไว้ กระบวนการนี้ทำให้ระบบสามารถประเมินและ ปรับตัวตามการระของพืชและสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้จริง (Helmy et al., 2025) เซนเซอร์วัดดินแบบ 5 ขา (AF326) เพื่อการติดตามสภาวะดินในโรงเรือน การทำงานของเซนเซอร์ว่าทำงานโดยอาศัยทฤษฎี การตรวจวัดทางไฟฟ้าเคมีผ่านเข็มนำไฟฟ้า 5 จุด เพื่อวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นในดิน ค่าความนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยตรง สำหรับการติดตามธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) งานวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีการอนุพันธ์ค่า โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความนำ ไฟฟ้า (EC) กับการแตกตัวของไอออนปุ๋ยในสารละลายดิน เมื่อระดับความชื้นในดินสูงกว่า 60 % กระแสไฟฟ้า จะสามารถนำผ่านความชื้นในดินไปยังขาเซนเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Musanase et al., 2023) การใช้

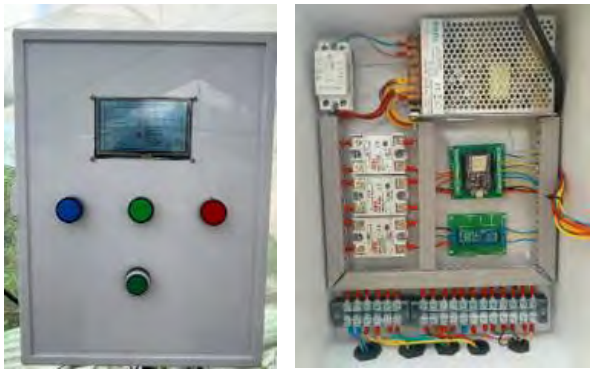
แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนสามารถช่วยลดระยะเวลาในการจัดการข้อมูลฟาร์ม เพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล (จรุ ถิ่นพระบาท และคณะ, 2569)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพืช โดยการพัฒนาระบบประกอบด้วยการใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารในดิน (AF326) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT21) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (BH1750) จอแสดงผลแบบสัมผัสขนาด 4.3 นิ้ว และปั๊มน้ำขนาด 12 โวลต์ จำนวน 3 ตัว สำหรับรดน้ำ ให้ปุ๋ย และพ่นหมอก ซึ่งทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์โปรแกรม Arduino IDE โดยใช้ภาษา C++ สำหรับเขียนชุดคำสั่งควบคุมระบบ รวมถึงระบบฐานข้อมูล Firebase และแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับการแสดงผลข้อมูล อุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกนำมาติดตั้งและประกอบลงในตู้ควบคุมเพื่อสั่งการระบบต่างๆ



ภาพที่ 1 การเชื่อมต่อโมดูลอุปกรณ์



ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์ในตู้ควบคุมการทำงาน

การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบบรดน้ำอัตโนมัติ ระบบให้ปุ๋ยอัตโนมัติ และระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ สำหรับระบบบรดน้ำอัตโนมัตินั้นจะทำงานพร้อมกันทั้ง 2 แปลงทดลอง โดยแปลงทดลองที่ใช้ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ จะกำหนดให้รักษาระดับความชื้นในดินที่ 70 % ซึ่งระบบจะสั่งรดน้ำเฉพาะเมื่อความชื้นต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดในช่วงเวลา 08.00 น. และ 17.00 น. และจะตัดการทำงานทันทีที่ความชื้นถึงเป้าหมาย ส่วนแปลงทดลองที่ใช้ระบบทำงานตามเวลาจะสั่งรดน้ำในเวลา 08.00 น. และ 17.00 น. เป็นเวลา 5 นาทีต่อรอบอย่างคงที่ ในส่วนของระบบให้ปุ๋ยอัตโนมัติจะดำเนินการทุกๆ 3 วัน โดยแปลงทดลองที่ใช้การควบคุมจากค่าเซนเซอร์จะคำนวณระยะเวลาการให้ปุ๋ยตามค่า EC ที่อ่านได้จากเซนเซอร์ AF326 เพื่อหาระยะเวลาในการควบคุมค่า EC ให้อยู่ที่ 1 mS/cm ในขณะที่แปลงทดลองระบบทำงานตามเวลาจะให้ปุ๋ยตามระยะเวลาที่ตั้งค่าไว้ ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติจะใช้เซนเซอร์ DHT21 ในการตรวจวัดสภาพอากาศภายในโรงเรือน หากอุณหภูมิสูงถึง 38 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งปั๊มพ่นหมอกให้ทำงานโดยอัตโนมัติและทำการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม สำหรับการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ประกอบด้วยหน้าจอแสดงผลและแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ดังภาพที่ 3 และ 4



(ก) หน้าจอแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อม (ข) หน้าจอการตั้งค่า EC

ภาพที่ 3 การแสดงข้อมูลบนหน้าจอแสดงผล

จากภาพที่ 3 หน้าจอแสดงผลทำหน้าที่รายงานสภาพแวดล้อม(ก) ผู้ใช้งานสามารถสลับโหมดการทำงานระหว่างโหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล รวมถึงสามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ค่า EC (ข) อุณหภูมิ และความชื้นในดิน พร้อมทั้งสั่งการอุปกรณ์ได้โดยตรงผ่านโหมดแมนนวลได้



(ก) แสดงข้อมูลสภาพแวดล้อม (ข) แสดงโหมดการตั้งค่า (ค) การตั้งค่า EC

ภาพที่ 4 หน้าจอแอปพลิเคชันของระบบ

จากภาพที่ 4 แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ Flutter เชื่อมต่อกับ Firebase เพื่อควบคุมและเฝ้าติดตามระบบจากระยะไกล ระบบจะแสดงผลค่าจากเซนเซอร์แบบเรียลไทม์ (ก) กราฟแนวโน้มธาตุอาหารหลักและสถานะโหมดการทำงานของอุปกรณ์ (ข) และหน้าการตั้งค่า EC และแสดงสถานะของปั๊มปุ๋ย (ค)

ในการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการทดลองภายในโรงเรือนขนาดความกว้าง 4 เมตร ความยาว 4 เมตร และความสูง 3.75 เมตร โดยใช้กระบะปลูกจำนวน 2 กระบะ ขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร ใช้ดินที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าวและแกลบดำ สำหรับปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คอายุต้นกล้า 15 วัน จำนวน 20 ต้นต่อกระบะ เว้นระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร การเปรียบเทียบผลการทดลอง โดยกระบะที่ 1 ใช้ระบบที่มีการประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด กำหนดให้ทำงานตามค่าเซนเซอร์ เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม

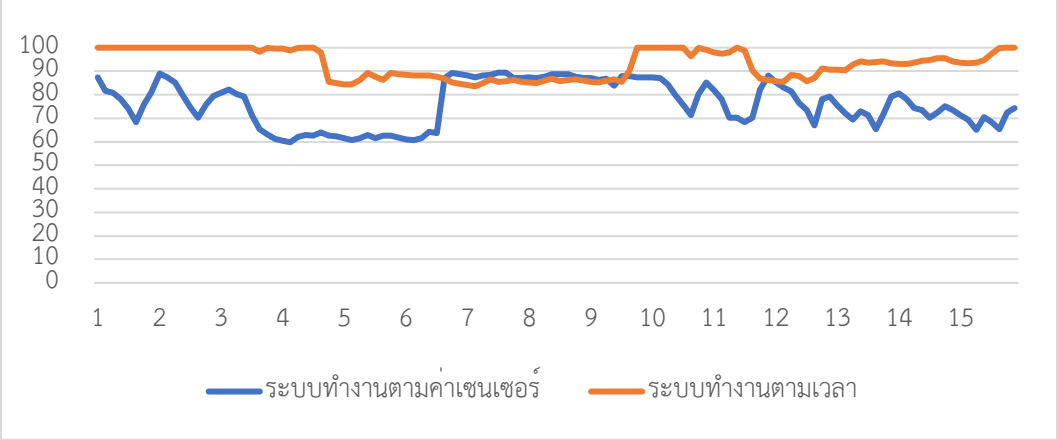
ประกอบด้วย ค่าธาตุอาหารหลัก (NPK) ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ค่ากรด-ด่าง (pH) ค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิความชื้นในอากาศ และค่าความเข้มแสง รวมถึงสถานะการทำงานของระบบบนคลาวด์ของ ThingSpeak และกระบะที่ 2 ติดตั้งชุดควบคุมปั๊มน้ำตามเวลา เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมประกอบด้วย ค่าธาตุอาหารหลัก (NPK) ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ค่ากรด-ด่าง (pH) ค่าความชื้นในดิน บนคลาวด์ของ ThingSpeak และติดตามการเจริญเติบโตของผักสลัดทุกๆ 3 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง 15 วัน ทั้งสองกระบะเพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน

4. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดระยะเวลา 15 วัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ และ ระบบทำงานตามเวลาโดยผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ระบบรดน้ำ ระบบให้ปุ๋ย และการเจริญเติบโต ดังนี้

4.1 ผลการทดลองระบบรดน้ำอัตโนมัติ

จากการทดลองระบบรดน้ำอัตโนมัติซึ่งกำหนดความชื้นเป้าหมายไว้ที่ 70 % พบว่า ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ มีประสิทธิภาพในการจัดการน้ำได้ โดยระบบมีการสั่งรดน้ำรวม 18 ครั้ง และไม่รดน้ำ 12 ครั้ง เนื่องจากมีค่าความชื้นในดินสูงกว่ากำหนด ใช้ระยะเวลาทำงานเฉลี่ย 4.06 นาทีต่อรอบ ทำให้สามารถรักษาความชื้นในดินเฉลี่ยหลังรดน้ำไว้ที่ 70.25 % ส่วนระบบทำงานตามเวลามีการกำหนดเวลาการรดน้ำครั้งละ 5 นาที ส่งผลให้ดินมีความชื้นสะสมสูงถึง 97.07 % เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝน แสดงข้อมูลความชื้นในดิน ดังภาพที่ 5



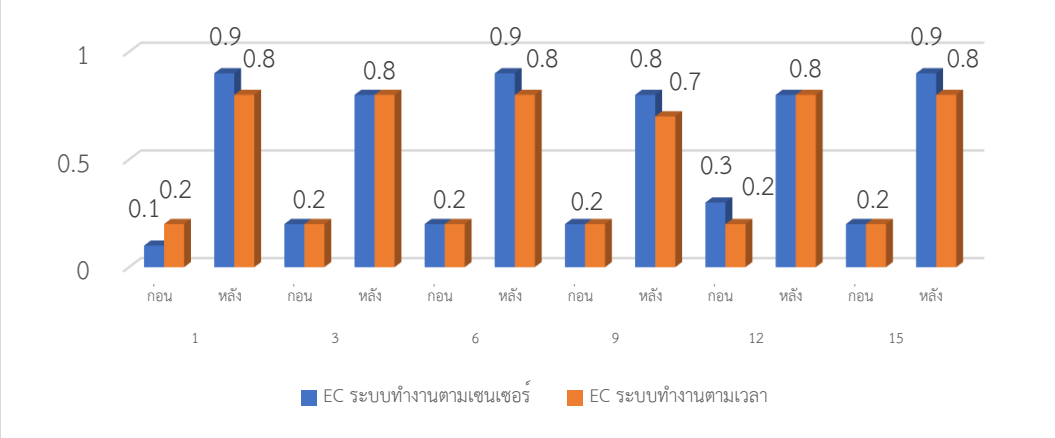
ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นในดินของแปลงทดลองทั้งสองแปลง

จากภาพที่ 5 แสดงข้อมูลค่าความชื้นในดินตลอดระยะเวลา 15 วัน จากแพลตฟอร์ม ThingSpeak พบว่าระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ ช่วยควบคุมระดับความชื้นในดินให้มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกผัก

สลัดมากกว่าระบบทำงานตามเวลา เนื่องจากระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์จะรดน้ำเมื่อความชื้นในดินน้อยกว่า 70 % เท่านั้น ซึ่งระบบทำงานตามเวลาจะรดน้ำตามเวลาที่กำหนดไว้แม้ความชื้นในดินจะสูงเกิน 70 %

4.2 ผลการทดลองระบบให้ปุ๋ยอัตโนมัติ

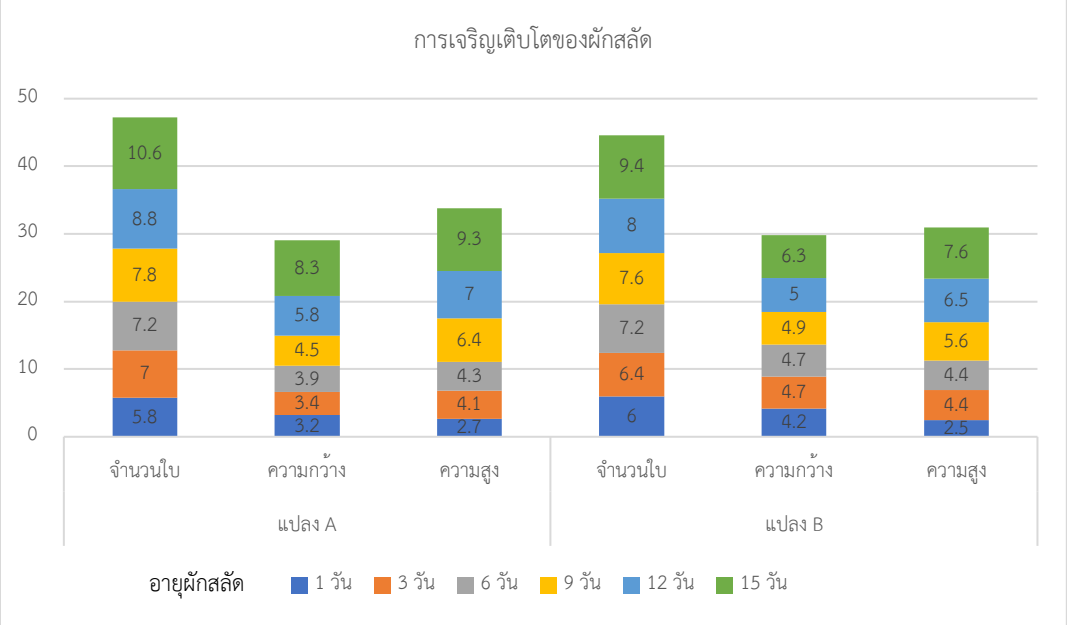
จากการทดลองระบบให้ปุ๋ยอัตโนมัติที่ถูกกำหนดรอบการทำงานทุกๆ 3 วัน โดยมีเป้าหมายค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่ 1.0 mS/cm พบว่า ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ ซึ่งคำนวณระยะเวลาการให้ปุ๋ย ใช้สูตรการคำนวณ (ค่าที่ EC ที่กำหนด - ค่า EC ที่เซนเซอร์อ่านได้) / ปริมาตรสารอาหารที่ให้ใน 1 นาที ระบบทำงานใช้เวลาเฉลี่ย 4.8 นาที สามารถเพิ่มค่า EC เฉลี่ย 0.84 mS/cm ส่วนระบบทำงานตามเวลาให้ปุ๋ยเป็นเวลา 5 นาที สามารถเพิ่มค่า EC เฉลี่ย 0.78 mS/cm ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า EC ในดินของแปลงทดลองทั้งสองแปลง

4.3 ผลการเจริญเติบโตของผักสลัด

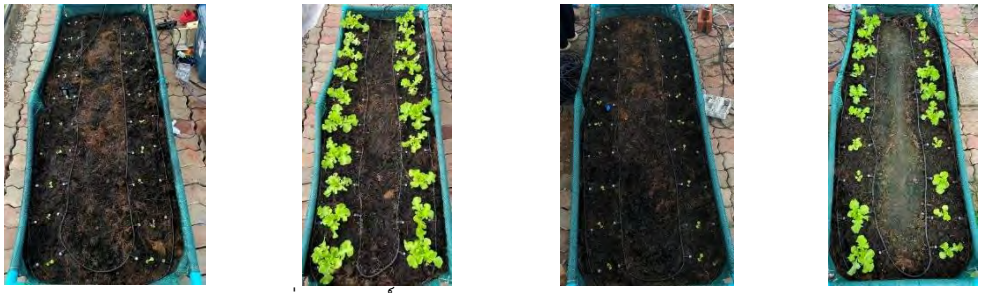
จากการควบคุมปริมาณน้ำและธาตุอาหาร มีผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คทั้ง 2 ระบบ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 5 ต้นต่อกระบะปลูก เพื่อทำการวัดความกว้าง ความสูง และจำนวนใบของผักสลัดกรีนโอ๊คมีผลค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของทั้ง 2 กระบะ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนใบของแปลงทดลองทั้งสองแปลง

จากภาพที่ 7 ในช่วงสัปดาห์แรกของการปลูกทั้งสองระบบมีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเข้าสู่ช่วงวันที่ 12 ของการปลูก ผักสลัดที่ใช้ ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ เริ่มมีการเจริญเติบโตสูงกว่าระบบตามเวลาส่งผลให้เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 15 ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าระบบทำงานตามเวลาดังนี้ จำนวนใบเฉลี่ย 10.6 ใบ ต่อ 9.4 ใบ ความกว้างของใบเฉลี่ย 8.3 เซนติเมตร ต่อ 6.3 เซนติเมตร และความสูงของลำต้นเฉลี่ย 9.3 เซนติเมตร ต่อ เฉลี่ย 7.6 เซนติเมตร ตามลำดับ

ในการศึกษาหาประสิทธิภาพของระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการบันทึกข้อมูลและติดตามการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คตลอดระยะเวลาการทดลอง เพื่อให้เห็นความเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอายุพืช ทั้งนี้เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างระบบอัตโนมัติตามค่าเซนเซอร์และระบบตามเวลาจากการติดตามพัฒนาการในลำดับต่างๆ สามารถสรุปเป็นภาพถ่ายเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่เริ่มต้นการปลูกดังภาพที่ 8



(ก) ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ (ข) ระบบทำงานตามเวลา

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค วันที่ 1 และ 15

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊คตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก โดยเปรียบเทียบลักษณะโดยรวมของผักสลัด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการให้น้ำและธาตุอาหารผ่านระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์สามารถควบคุมการให้สารอาหารและน้ำแก่ผักสลัดใกล้เคียงเกณฑ์ที่กำหนด ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักสลัดได้ดีกว่าระบบทำงานตามเวลา

5. สรุปและอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้ IoT เพื่อควบคุมการให้สารอาหารตามความต้องการของผักสลัด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการให้สารอาหารอัตโนมัติสำหรับผักสลัด และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์ กับระบบทำงานตามเวลา จากการทดลองสรุปได้ว่า ระบบทำงานตามค่าเซนเซอร์มีประสิทธิภาพสูงกว่า ในด้านการจัดการน้ำที่สามารถรักษาความชื้นในดินเฉลี่ยได้ที่ 70.25 % ตรงตามที่กำหนด โดยระบบสั่งรดน้ำ 18 ครั้ง และไม่ทำการรดน้ำ 12 ครั้งเมื่อความชื้นสูงเกินค่าที่กำหนด ในขณะที่ระบบทำงานตามเวลาทำให้มีความชื้นในดินสูงถึง 97.07 % ด้านการจัดการธาตุอาหาร ระบบสามารถให้ปุ๋ยตามความต้องการ ทำให้ค่าความนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย 0.84 mS/cm เข้าใกล้ค่าเป้าหมาย 1.0 mS/cm ได้ดีกว่าระบบตามเวลาที่มีค่าเฉลี่ย 0.78 mS/cm การควบคุมสภาพแวดล้อมที่แม่นยำนี้ส่งผลให้ผักสลัดในระบบเซนเซอร์มีการเจริญเติบโตสูงกว่าระบบทำงานตามเวลา โดยมีจำนวนใบ ความกว้าง และความสูงเฉลี่ยคือ 10.6 ใบ, 8.3 เซนติเมตร และ 9.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าระบบตามเวลาที่มี 9.4 ใบ, 6.3 เซนติเมตร และ 7.6 เซนติเมตร ตามลำดับ

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kumari et al. (2025) ที่ยืนยันว่าการใช้เซนเซอร์วัดค่าความชื้นและค่า EC แบบเรียลไทม์ช่วยให้การบริหารจัดการระบบการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำมีความแม่นยำสูง ยังสอดคล้องกับ Helmy et al. (2025) ที่พบว่าการจัดการน้ำอย่างแม่นยำผ่านเซนเซอร์ตามความต้องการของผักสลัดช่วยเพิ่มผลผลิตผักสลัดได้ดีกว่าการควบคุมปกติ และสอดคล้องกับ Musanase et al. (2023) ที่ชี้ให้เห็น

ว่าข้อมูลจากเซนเซอร์ที่แม่นยำช่วยให้การตัดสินใจในการให้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผักสลัดมีอัตราการเจริญเติบโตทั้งจำนวนใบ ความกว้างใบ และความสูงของลำต้นที่สูงกว่าระบบทำงานตามเวลา

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทดลองและอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยให้ลุล่วงเป็นไปอย่างเรียบร้อย

7. เอกสารอ้างอิง

จรุ ถิ่นพระบาท, เตชิตา สุทธิรักษ์, และวิสุตร์ เพชรรัตน์. (2569). การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันบริหารจัดการฟาร์มไก่สวยงามอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนเกษตรดิจิทัล. วารสารสังคมศาสตร์และวัฒนธรรม, 10(5), 327-344.

จีราวุธ วารินทร์. (2564). ต่อยอดพัฒนาโมไบล์แอพด้วย Flutter + Firebase. กรุงเทพฯ: รีไวว่า.

ช้อนกลาง. (2562). ผักสลัด 9 ชนิดที่คนรักผักนิยมมีอะไรบ้าง. สืบค้น 11 มีนาคม 2568, จาก https://www.chonklang.com/th/บทความ/ผักสลัด+9+ชนิดที่คนรักผักนิยมมีอะไรบ้าง+–30/

ดอนสัน ปงผาบ, อภิศักดิ์ พรหมฝาย, และพีรพล จันทร์หอม. (2565). IoT เบื้องต้นบน NodeMCU. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ภาสกร พาเจริญ. (2565). พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino ด้วย ESP32. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

FitFarm เกษตรคนแกร่ง. (ม.ป.ป.). ค่า pH และ EC สำหรับปลูกพืชแต่ละชนิด. สืบค้น 20 กรกฎาคม 2569, จาก https://www.coachnong.com/archives/612

CWT Co., Limited. (n.d.). Soil sensor NPK 5-pin probe product manual. Retrieved 10 June 2025, from https://www.scribd.com/document/697792701/NPK-type-5Pin-probe-manual-V1-4

Helmy, H. S., Abuarab, M. E., Abdeldaym, E. A., Abdelaziz, S. M., Abdelbaset, M. M., Dewedar, O. M., ... Mokhtar, A. (2025). Field-grown lettuce production optimized through precision irrigation water management using soil moisture-based capacitance sensors and biodegradable soil mulching. Irrigation Science, 43, 1045-1070. doi:10.1007/s00271-024-00969-9

Kumari, S., Ali, N., Dagati, M., & Dong, Y. (2025). IoT-Enabled Soil Moisture and Conductivity Monitoring Under Controlled and Field Fertigation Systems. AgriEngineering, 7, 207. doi:10.3390/agriengineering7070207

Musanase, C., Vodacek, A., Hanyurwimfura, D., & Uwitonze, A. (2023). Calibration of Five-pin soil Sensor for Soil Monitoring of Greenhouses in Rwanda. 2023 the 13th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2023), 263-268. doi:10.18178/wcse.2023.06.039

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

เครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน

มนวิภา อาวิพันธุ์[1] และ ภาคภูมิ จารุภูมิ[1,2 *]

[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300
[2] ศูนย์วิจัยวัสดุและกระบวนการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,
128 ถนนห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

* noteparkpoom@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเซรามิกขั้นสูงในส่วนของการลดขนาดอนุภาค ซึ่งกระบวนการลดขนาดอนุภาคจะมีปัญหาทางด้านระยะเวลาในการลดขนาด โครงการนี้จึงมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาเรื่องระยะเวลาในการลดขนาด รวมไปถึงต้นทุนในการลดขนาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการผลิตเซรามิกขั้นสูงในส่วนของการลดขนาดอนุภาคโดยใช้หลักการทำงานแบบเพลาเยื้องศูนย์โดยมีระยะชักที่ 3 เซนติเมตร เพื่อทำให้เกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งจะเกิดการบดโดยการชนกันระหว่างผงอะลูมินา และลูกบดเซอร์โคเนีย โดยมีแอลกอฮอล์บริสุทธิ์เป็นสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบด สำหรับหม้อบดจะทำมาจากวัสดุซุปเปอร์ลีนเพื่อลดการปนเปื้อนในกระบวนการทำงาน และสามารถทนการสึกหรอได้ดี โดยพบว่าสามารถทำการลดขนาดอนุภาคผงอะลูมินาที่มีขนาดเริ่มต้น 50 ไมโครเมตร ให้มีขนาดหลังจากการลดขนาดอนุภาคเฉลี่ย 9.22±1.329 ไมโครเมตร โดยใช้เวลาในการลดขนาดอนุภาคทั้งหมด 15 นาที และใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 580 รอบต่อนาที โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของลูกบดที่ 0.0435% สามารถลดขนาดอนุภาคได้ครั้งละ 20 กรัม จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน มีต้นทุนการดำเนินงานอยู่ที่ 2.44 บาทต่อกรัม

คำสำคัญ เครื่องลดขนาดอนุภาค, เทคนิคการสั่นสะเทือน, กระบวนการผลิตเซรามิก

Particle Size Reduction Machine Using Vibration Technique.

Monwipa Ahviphan [1] and Parkpoom Jarupoom [1,2 *]

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Rd., Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

[2] Materials and Manufacturing Research Center, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Rd., Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* noteparkpoom@rmutl.ac.th

Abstract

This research involves the study and design of a particle reduction machine utilizing a vibration technique to enhance the advanced ceramics production process in terms of particle size reduction. The particle reduction process has a problem with the reduction time. Therefore, this project focuses on solving the problem of the reduction time and the cost of size reduction to increase the efficiency of the advanced ceramics production process in particle size reduction using the working principle of the eccentric shaft with a stroke of 3 cm to create vibration, which will be ground by the collision between the alumina powder and the zirconia grinding ball with pure alcohol as an efficiency enhancer. The grinding pot is made of superlean material to reduce contamination in the work process and has good wear resistance. It was found that the alumina powder particle size reduction with an initial size of 50 microns can be reduced to an average particle size of 9.22±1.329 microns after particle size reduction, taking 15 minutes to reduce the particle size and using a motor speed of 580 rpm with a percentage of grinding ball wear of 0.0435%, which can reduce the particle size by 20 grams at a time. Based on the economic analysis of the particle reduction machine using a vibration technique, the operating cost is 2.44 baht per gram.

Keywords: Particle size reducer, Vibration technique, Ceramic manufacturing process

1. บทนำ

ในปัจจุบัน เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้คนรู้จักกันอย่างแพร่หลาย และมักพบเห็นเป็นประจำ ในชีวิตประจำวัน ผู้คนต่างรู้จักเซรามิกในรูปแบบของเครื่องใช้ ไม่ว่าจะเป็น จาน ชาม หม้อ หรือแม้กระทั่งสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ในชื่อของ เซรามิกพื้นฐาน โดยทำมาจากวัสดุหลักคือดินเหนียว และดินขาว จนกระทั่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกได้ให้ความสำคัญในด้านของการพัฒนารูปแบบของเซรามิกเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งานด้านอื่น ๆ เช่น เซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง สำหรับงานอิเล็กโทรเซรามิก และเซรามิกสำหรับการแพทย์ จึงเกิดเป็น เซรามิกขั้นสูงขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดี ทนทาน และแข็งแรง เพิ่มมากขึ้น เมื่อเซรามิกขั้นสูง เป็นผลิตภัณฑ์ที่เริ่มนิยมใช้กันเพิ่มมากขึ้นในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ จากการศึกษากรรมวิธีในการผลิตของเซรามิกขั้นสูง พบว่าจะต้องผ่านกระบวนการหนึ่งซึ่งมีความสำคัญอย่างมากคือ การลดขนาดอนุภาควัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลงไปถึงระดับไมโครเมตร โดยกรรมวิธีนี้เรียกว่า การบดละเอียด โดยจะใช้ลูกบดที่มีความแข็งมากกว่าวัตถุดิบ มาเป็นตัวกระทำให้วัตถุดิบแตกตัวออกจากกัน และส่งผลให้วัตถุดิบมีขนาดเล็กลงตามไปด้วย ซึ่งการบดละเอียดในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ จะใช้กรรมวิธีการลดขนาดอนุภาคด้วยลูกบอล (Ball Mill) ซึ่งวิธีการลดขนาดอนุภาคด้วยลูกบอล จะใช้เวลาในการลดขนาดอนุภาคค่อนข้างมาก โดยใช้เวลาในการลดขนาดอนุภาคเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถึงจะได้วัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร จึงจะสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเซรามิกขั้นสูงได้ ซึ่งเป็นการทำให้เสียเวลาในการทำงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน เพื่อช่วยลดเวลาในการลดขนาดอนุภาคให้มีขนาดใกล้เคียง 10 ไมโครเมตรได้รวดเร็วขึ้น โดยใช้กลไกข้อเหวี่ยงขับเคลื่อน เพื่อให้เกิดการชนกันระหว่างลูกบด กับวัตถุดิบทำให้วัตถุดิบแตกตัวออกจากกัน และมีขนาดที่ลดลง สำหรับหม้อบด จะใช้วัสดุพลาสติกเป็นหม้อบด เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุอินทรี หากเกิดการปนเปื้อน เมื่อนำวัตถุดิบไปทำการเผาผนึก ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิที่สูง จะส่งผลให้วัสดุพลาสติกที่ปนเปื้อน สลายตัวไปเมื่อทำการเผาผนึก จึงได้เลือกใช้ซุปเปอร์ลีน เพราะมีความแข็งสูง มีการขยายตัวทางความร้อนต่ำ และมีผิวที่เรียบลื่น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การย่อย หรือการลดขนาด ใช้กับทุกกระบวนการที่กระทำเพื่อลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงเพื่อให้ง่ายต่อกระบวนการผลิตในขั้นต่อ ๆ ไป ตัวอย่างเช่น สินแร่ต้องผ่านการย่อยเพื่อเข้ากระบวนการแต่งแร่ที่เหมาะสม สารเคมีถูกบดให้เป็นผงเพื่อให้ง่ายต่อการทำละลาย แผ่นพลาสติกถูกตัดเป็นชิ้นหรือก้อนเล็ก ๆ เพื่อง่ายต่อการหลอมและผสมสี ผลิตภัณฑ์บางชนิดถูกย่อยเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าทั้งขนาดและรูปร่าง การย่อยลดขนาดอนุภาคมีผลต่อปฏิกิริยาเคมี ต่อการละลาย ต่อการหลอม ต่อความหนาแน่น และต่อความเหมาะสมของกระบวนการผลิตในขั้นต่อ ๆ ไป ซึ่งสิ่งที่ตามมาคือ ของแข็งอาจถูกทำให้มีขนาดเล็กลงโดยกระบวนการต่อไปนี้ 1) การอัดหรือบีบ 2) การทุบหรือกระแทก 3) การโม่หรือขัด และ 4) การตัด ในบางครั้งการลดขนาดอนุภาคมักเกิดจากการขัดสีกันกับอนุภาคหรือของไหลที่ใช้เป็นตัวขัด โดยทั่วไปการอัดหรือบีบจะใช้กับการบดหยาบ ๆ

กับของแข็งที่มีเนื้อแข็งให้เป็นทั้งขนาดเล็กใหญ่ปนกัน เช่นเดียวกับการใช้วิธีทุบหรือกระแทก ส่วนเทคนิคการโม่หรือขัดถูมักให้ผลิตภัณฑ์ที่เล็ก เป็นผงหรือมีผิวมัน และการตัดจะให้ผลผลิตขนาดเล็ก-ใหญ่ และอาจมีรูปลักษณะตามต้องการได้ และมักไม่มีผงเล็กละเอียด [1, 2]

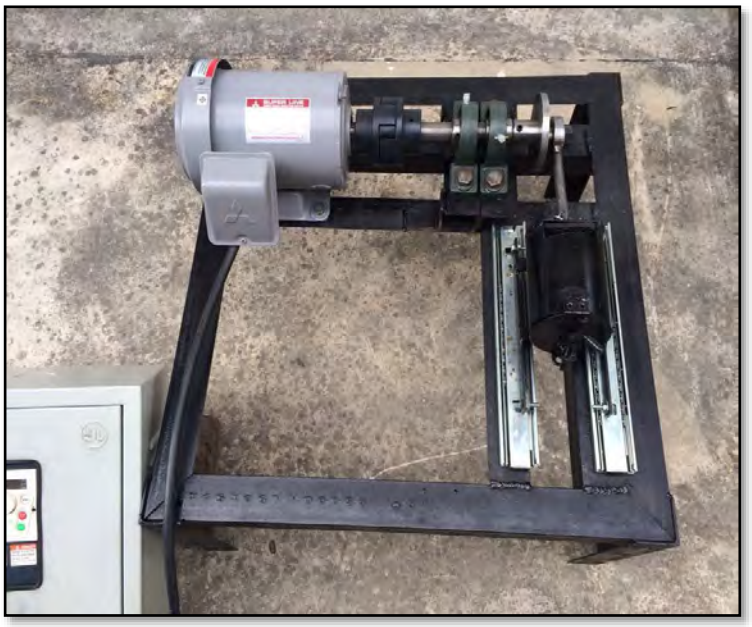
อนุภาคของแข็งจะมีการแตกตัวที่ต่างกับการรวมตัวกัน โดยการที่จะทำให้อนุภาคแตกตัวออกจากกันจะต้องทำการบีบ อัด หรือกระแทก ให้อนุภาคเกิดการแตกตัวออกจากกันทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลงจนเป็นผง และการจะทำให้อนุภาครวมตัวกัน คือการนำผงของแข็งจำนวนมาก ๆ มารวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเดียวกัน ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้อนุภาครวมตัวกันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผงอนุภาค และทำให้ได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง การทำให้อนุภาคแตกตัวและรวมตัวกันถือว่าเป็น 1 ใน 4 ของกระบวนการทางกลของวิศวกรรม (เทคโนโลยีของการขึ้นรูปแบบผง) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการสร้างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่ จากการทำให้อนุภาคมีขนาดที่เล็กลง เพื่อที่จะลดช่องว่างในการรวมตัวกันของอนุภาค ส่งผลให้เกิดการอัดตัวกันได้แน่นหนามากยิ่งขึ้น ซึ่งการทำให้อนุภาคแตกตัว หรือรวมตัวกัน จะมีวิธีการแตกตัว และรวมตัวกันหลากหลายวิธี เช่นการแตกตัวของอนุภาค โดยการแตกตัวของอนุภาคคือการทำให้อนุภาค 1 หน่วย แตกย่อยออกไปเป็นหลาย ๆ หน่วย แต่มีขนาดของอนุภาคที่เล็กลงตามไปด้วย การแตกตัวจะขึ้นอยู่กันการกระทำกับอนุภาค ซึ่งจะมีกรรมวิธีต่าง ๆ ในการทำให้อนุภาคแตกตัวออกจากกัน โดยแต่ละวิธีจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น การที่วัสดุชนิดเดียวกันหรือมีความแข็งเท่ากันขัดถูกันกระแทกกันจนมีขนาดที่เล็กลง การที่วัสดุต่างชนิดกันหรือมีความแข็งต่างกันขัดถูกันกระแทกกันจนมีขนาดที่เล็กลง ซึ่งโดยหลักแล้ววัสดุที่มีความแข็งมาเสียดสีกันหรือกระทบกัน จะทำให้เกิดการสึกหรอหรือแตกหักออกจากกันได้ แต่กรรมวิธีในการทำให้อนุภาคแตกตัว คือการนำเอาวัสดุที่มีความแข็งต่างกันมากระทบกันให้อนุภาคของวัสดุที่มีความแข็งน้อยกว่าแตกตัวออกเป็น 2 ส่วน หรือมากกว่านั้น [3]

โดยหลักการที่จะทำให้วัสดุของแข็งชิ้นหนึ่งแตกออกจากกัน จะต้องทำการให้พลังงานกับวัสดุ ถ้าหากวัสดุได้รับพลังงานไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม วัสดุจะสะสมพลังงานไว้ภายใน และถ้าวัสดุสะสมพลังงานไว้มากกว่าที่กำลังของวัสดุจะรับได้ วัสดุจะเกิดการแตกหักออกจากกันหรือสลายตัว โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่ต่างกัน วัสดุแต่ละชนิดจึงสามารถสะสมพลังงานไว้ภายในได้ต่างกัน ดังนั้นการที่จะทำให้วัสดุแตกออกจากกันหรือลดขนาดลง จำเป็นจะต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่ามากระทำ เพื่อให้การแตกของวัสดุเป็นไปได้ง่ายขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบ และจำลองการทำงานจากชุดทดลอง

ในการออกแบบการทำงานของเครื่องนั้น จะต้องออกแบบให้เครื่องใช้งานได้ตรงตามจุดประสงค์และขอบเขตที่วางไว้ คือต้องสามารถลดขนาดผงอะลูมินาให้ได้ใกล้เคียงกับ 10 ไมโครเมตร โดยใช้เวลาในการลดขนาดอนุภาคน้อยกว่าการลดขนาดอนุภาคด้วยลูกบอล ซึ่งในการลดขนาดอนุภาคด้วยลูกบอลนั้นจะใช้เวลาในการลดขนาด 24 ชั่วโมงต่อครั้ง และต้องมีผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับต้นทุนในการผลิต ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ รวมไปถึงอายุการใช้งานของเครื่องจักร โดยในการออกแบบการจำลองการทำงานจากชุดทดลอง จะทำการทดสอบระยะชักโดยใช้อุปกรณ์ที่นำไปประกอบกับชุดทดลอง คือจานเหวี่ยงเยื้องศูนย์



รูปที่ 1 ชุดทดลอง เพื่อทดสอบระยะชัก

ชุดทดลอง เพื่อทดสอบระยะชักรูปที่ 1 เป็นชุดทดลองที่ใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน โดยจะออกแบบให้ชุดทดลองมีลักษณะการทำงานที่ง่าย หรือใช้กลไกในการขับเคลื่อนหม้อบดอย่างง่าย และคล้ายคลึงกับกลไกของเครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน ซึ่งจะทดสอบหาระยะชักที่เหมาะสมสำหรับการลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน โดยทำการเก็บผลการทดลองจากระยะชักที่ได้กำหนดขึ้นมาทั้ง 3 ระยะชัก คือ 2 3 และ4 เซนติเมตร ซึ่งจะทำการปรับเปลี่ยนระยะชักโดยการถอดจานเหวี่ยงเยื้องศูนย์ แล้วเปลี่ยนจานเหวี่ยงเยื้องศูนย์ชิ้นใหม่ซึ่งจะมีทั้งหมด 3 ชิ้น

3.2 จำลองการทำงานจากชุดทดลองเพื่อหาระยะชักที่เหมาะสมในการลดขนาดอนุภาค

การจำลองการทำงานจากชุดทดลอง จะทำการบดลดขนาดอนุภาคโดยใช้จานเหวี่ยงเยื้องศูนย์เป็นตัวกำหนดระยะชักของการสั่นสะเทือน ซึ่งจานเหวี่ยงเยื้องศูนย์ที่ใช้กับชุดทดลองจะมีอยู่ 3 ขนาด คือ ระยะชัก 2 3 และ 4 เซนติเมตร ทำการเลือกเก็บผลการทดลองด้วยความเร็วรอบของมอเตอร์ 435 580 725 870 และ 1015 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการบดลดขนาดอนุภาค 15 30 45 และ60 นาที ซึ่งหลังจากการเก็บผลของการจำลองการทำงานเสร็จแล้ว จะต้องนำผลที่ได้มาทำการวัดขนาดอนุภาค เพื่อให้ได้ค่าของขนาดอนุภาคของแต่ละระยะชัก และทำการวิเคราะห์ผลของการจำลองการทำงานในแต่ละระยะชัก

3.3 การเปรียบเทียบผลของระยะชัก

จากผลการจำลองการทำงานจากชุดทดลอง เพื่อทดสอบหาระยะชักที่เหมาะสมสำหรับการลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน พบว่าการจำลองการทำงานด้วยระยะชักต่าง ๆ จะทำให้ผลที่ได้แตกต่างกันออกไป และในระยะชักแต่ละระยะชักยังส่งผลต่อการสึกหรอของลูกบดที่แตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งในการจำลองการทำงานจากชุดทดลอง ได้ทำการแบ่งลูกบดออกเป็น 3 ชุด โดยแต่ละชุดของลูกบดจะใช้ในระยะชักที่แตกต่างกันออกไป คือ 2 3 และ4 เซนติเมตร หลังจากการจำลองการทำงานด้วยชุดทดลองพบว่าลูกบดในแต่ละชุดจะมีการสึกหรอที่แตกต่างกันออกไป

ดังนั้นจากการจำลองการทำงานด้วยชุดทดลองเพื่อทดสอบหาระยะชักที่เหมาะสม ในการตัดสินใจเลือกระยะชักจะใช้ปัจจัยต่าง ๆ ช่วยในการตัดสินใจ เช่น ความเร็วรอบที่ใช้ ระยะเวลาที่ใช้ และการสึกหรอของลูกบด โดยปัจจัยต่าง ๆ นั้นจะมีผลที่สอดคล้องกัน เช่น ถ้าหากใช้ความเร็วรอบที่สูง จะส่งผลให้ได้ขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร รวดเร็ว (ภายในเวลา 15-30 นาที) แต่ต้องแลกมากับการสึกหรอของลูกบด ซึ่งมีผลโดยตรงกับต้นทุนในการดำเนินงาน โครงการวิจัยนี้ได้ตัดสินใจที่จะเลือกใช้ระยะชักที่ 3 เซนติเมตร เนื่องจากในระยะชักที่ 3 เซนติเมตรนี้ จะใช้เวลาในการลดขนาดอนุภาคให้ได้ขนาดที่ใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร เพียง 15-30 นาทีเท่านั้น และใช้ความเร็วรอบที่ประมาณ 580-725 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เครื่องเกิดการสั่นสะเทือนที่เหมาะสม เสียงจากการทำงานของเครื่องจักรไม่ดังจนมากเกินไป และมีการสึกหรอของลูกบดไม่มากนัก จึงเหมาะสมสำหรับการนำไปสร้างเครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน

4. ผลการวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเดิม และกระบวนการผลิตใหม่

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดเวลาในการลดขนาดอนุภาค รวมถึงการลดต้นทุน และค่าใช้จ่ายของกระบวนการลดขนาดอนุภาค เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดขนาดอนุภาค ทางผู้จัดทำโครงการจึงต้องทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเดิม โดยได้ทำการเก็บข้อมูลในขั้นตอนการลดขนาดอนุภาคด้วยลูกบอล และการลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน เพื่อนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบกัน

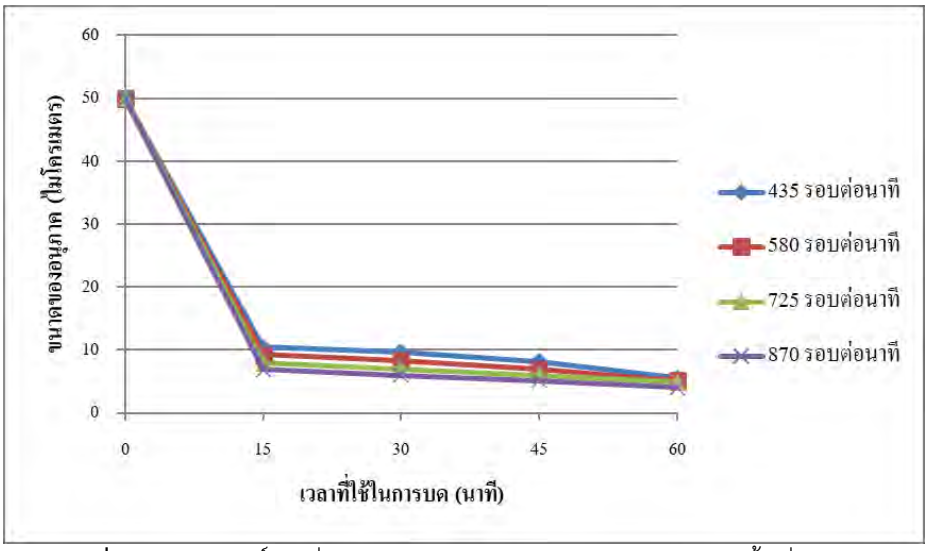
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเดิมและกระบวนการผลิตใหม่

การเปรียบเทียบ	กระบวนการผลิตเดิม	กระบวนการผลิตใหม่
1) เวลาในการลดขนาดอนุภาค	1470 นาที	25 นาที
2) จำนวนลูกบดที่ใช้ต่อครั้ง	600 ลูก	22 ลูก
3) การสึกหรอของลูกบดต่อครั้ง	0.61%	0.0435%
4) กำลังการผลิตสูงสุดต่อครั้ง	600 กรัม	20 กรัม
5) ต้นทุนในการผลิตต่อวัน	18.48 บาท/กรัม	2.44 บาท/กรัม

การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตเดิมและกระบวนการผลิตใหม่จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตใหม่นั้นสามารถลดเวลาในการลดขนาดอนุภาค ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิต ลดจำนวนในการใช้ลูกบดในแต่ละครั้ง ซึ่งลูกบดนั้นมีราคาสูงจึงทำให้ส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตโดยตรง ดังนั้นกระบวนการผลิตใหม่จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดขนาดของอนุภาค จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองหาความเร็วรอบ และเวลาที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องลดขนาดอนุภาค โดยบันทึกค่าขนาดของอนุภาคตามช่วงเวลาที่เครื่องลดขนาดอนุภาคทำงานคือ 15 30 45 และ60 นาที น้ำหนักเฉลี่ยของผงอะลูมินาที่นำมาทดลอง 10 กรัมต่อหม้อบด

ตารางที่ 2. ผลการทดลองหาความเร็วรอบ และเวลาที่มีผลต่อขนาดของอนุภาค (ไมโครเมตร)

ความเร็วรอบของมอเตอร์	เวลาที่ใช้ในการบด (นาที)			
	15	30	45	60
435 รอบต่อนาที	10.425±1.200	9.667±1.157	8.151±0.722	5.562±0.731
580 รอบต่อนาที	9.220±1.329	8.314±0.613	6.998±0.660	5.108±0.736
725 รอบต่อนาที	7.942±0.945	6.899±0.622	5.962±0.468	4.854±0.560
870 รอบต่อนาที	6.867±0.797	5.923±0.562	5.082±0.441	4.019±0.602



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการบด กับขนาดของอนุภาค โดยใช้เครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน

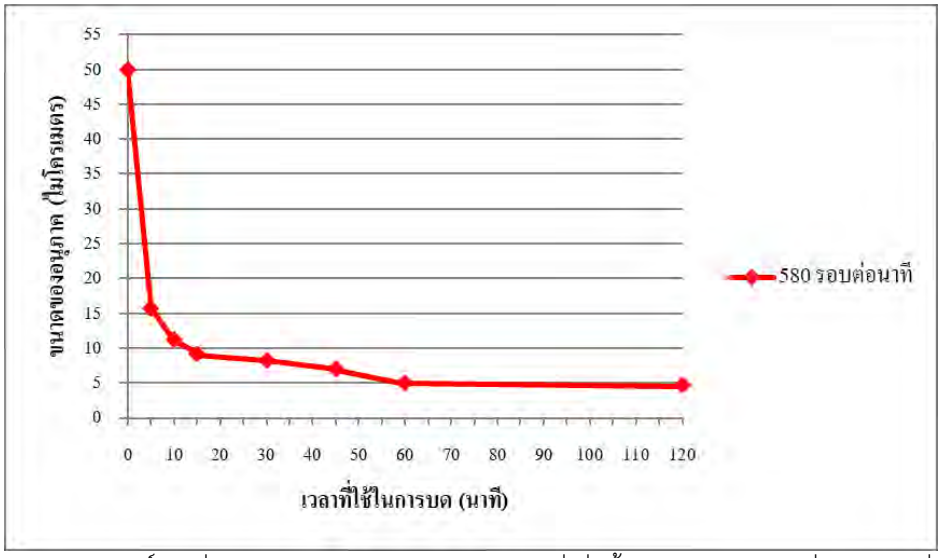
จากรูปที่ 2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคกับระยะเวลาในการบด โดยมีความเร็วรอบที่ใช้ในการทำงานคือ 435 580 725 และ870 รอบต่อนาที จากการใช้เครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน โดยจากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าของขนาดอนุภาคจะลงลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการบดและความเร็วรอบที่ใช้ในการบด โดยระยะเวลาที่ขนาดของอนุภาคที่ใกล้เคียง 10 ไมโครเมตรจะเริ่มต้นที่ 15 นาที เป็นต้นไป เนื่องมาจากการชนกันระหว่างวัตถุดิบและลูกบด ภายในหม้อบด จึงทำให้อนุภาคของวัตถุดิบแตกตัวออกจากกัน และมีขนาดที่เล็กลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีขนาดที่เล็กลงไปถึงระดับไมโครเมตร หรือนาโนเมตร การลดขนาดอนุภาคให้มีขนาดใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร จะใช้ความเร็วรอบอยู่ในช่วง 435 และ580 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการบดประมาณ 15 และ30 นาที ถือว่าเป็นเวลาที่รวดเร็วมากสำหรับการลดขนาดอนุภาค ให้ได้ขนาดใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร ซึ่งในกรรมวิธีการลดขนาดอนุภาคด้วยลูกบอล จะใช้ระยะเวลาในการลดขนาดทั้งหมด 24 ชั่วโมง ถึงจะได้วัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร โดยมีข้อสรุปได้ว่าการลดขนาดอนุภาคให้ได้ขนาดใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร ที่ความเร็วรอบที่ 580 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการลดขนาดเพียง 15 นาที และใช้ความเร็วรอบที่ไม่มากจนเกินไป จึงเหมาะสมกับการลดขนาดอนุภาค ส่วนความเร็วรอบที่ 435 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการลดขนาดที่ 30 นาที ซึ่งมากกว่า เป็นเพราะความเร็วรอบที่ใช้น้อยเกินไป และที่ความเร็วรอบ 725 และ870 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่สูงมากจนเกินไป ซึ่งสามารถลดขนาดอนุภาคได้น้อยกว่า 10 ไมโครเมตร โดยในการผลิตเซรามิกขั้นสูง จะใช้ขนาดอนุภาคเริ่มต้นที่ 10 ไมโครเมตร แต่ถ้าขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ก็จะส่งผลให้เพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ สำหรับการขึ้นรูปเซรามิกขั้นสูงตามไปด้วย

ดังนั้นจากการทดลองเพื่อหาความเร็วรอบ และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน ควรเลือกใช้ความเร็วรอบที่ 580 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมในการลดขนาดอนุภาคให้มีขนาดที่ใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร เนื่องจากใช้ระยะเวลา เพียง 15 นาที ในการลดขนาด และใช้ความเร็วรอบที่ไม่สูงจนเกินไป ส่งผลทำให้เครื่องลดขนาดอนุภาคโดยเทคนิคการสั่นสะเทือน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการลดขนาดอนุภาคโดยการเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการลดขนาด

ความเร็วรอบของมอเตอร์	เวลาที่ใช้ในการบด (นาที)						
	5	10	15	30	45	60	120
580 รอบต่อนาที	15.792± 1.645	11.229± 1.176	9.220± 1.329	8.314± 0.613	6.998± 0.660	5.108± 0.736	4.738± 0.511
การสึกหรอลูกบด	0.0373%	0.0474%	0.0435%	0.1506%	0.1946%	0.2426%	0.4512%

จากตารางที่ 3 แสดงถึงผลการทดลองลดขนาดอนุภาคโดยการเพิ่มระยะเวลาในการลดขนาดที่ระยะเวลา 5 10 และ120 นาที เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการลดขนาดอนุภาค กับขนาดอนุภาคหลังจากการลดขนาดอนุภาค



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการลดขนาดอนุภาคที่เพิ่มขึ้น กับความเร็วรอบที่ 580 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มระยะเวลาในการลดขนาดอนุภาคที่ 5 10 และ120 นาที ซึ่งทำการยกตัวอย่างโดยใช้ความเร็วรอบที่ 580 รอบต่อนาที เมื่อสังเกตจากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าค่าขนาดของอนุภาคจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลา 0-15 นาที และจะลดลงเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระยะเวลาที่ 15-60 นาที แต่เมื่อทำการเพิ่มระยะเวลาที่ 120 นาที ค่าของขนาดอนุภาคจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ตั้งแต่ระยะเวลาที่ 60-120นาที ซึ่งหมายความว่าหากใช้ระยะเวลาในการลดขนาดเพิ่มมากขึ้น (มากกว่า 60 นาที) ค่าของขนาดอนุภาคก็จะลดลงไปได้ไม่มากนัก แต่จะมีความเสถียรของขนาดอนุภาคเพิ่มมากขึ้น และในส่วนของการสึกหรอของลูกบด จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ชัดเจนว่า ยิ่งใช้ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลโดยตรงกับการสึกหรอของลูกบดตามไปด้วย

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกปรับหาเวลาและความเร็วรอบ เพื่อลดขนาดอนุภาคให้ได้ขนาดใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร ที่ความเร็วรอบที่ 580 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการลดขนาดเพียง 15 นาที และใช้ความเร็วรอบที่ไม่มากจนเกินไป จึงเหมาะสมกับการลดขนาดอนุภาค ส่วนความเร็วรอบที่ 435 รอบต่อนาที จะใช้เวลาในการลดขนาดที่ 30 นาที ซึ่งมากกว่า เป็นเพราะความเร็วรอบที่ใช้น้อยเกินไป และที่ความเร็วรอบ 725 และ870 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่สูงมากจนเกินไป สามารถลดขนาดอนุภาคได้น้อยกว่า 10 ไมโครเมตร ซึ่งในการผลิตเซรามิกขั้นสูง ส่วนใหญ่จะใช้ขนาดอนุภาคที่ขนาดใกล้เคียง 10 ไมโครเมตร ก็เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปเซรามิกแล้ว

6. เอกสารอ้างอิง

1. วัฒนา ปิ่มเสม. เอกสารประกอบการสอนวิชา 411424 ปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
2. สุพล อนันตา. เอกสารประกอบการสอนวิชา 210443 กระบวนการประดิษฐ์สำหรับเซรามิกชั้นสูง. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543
3. Wolfgang Pietsch. Size Enlargement by Agglomeration. 1nd edition. United States : Wiley, 1991.

ระบบควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติแบบไร้สายโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW

มรรษกร มั่นแก้ว[1] รัชภูมิ ฉิมทอง[1] พัชรีภรณ์ เถื่อนวร[1] สมนึก เครือสอน[1*]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ตาก
41/1 ม.7 ถ.พหลโยธิน ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก 63000
***somnuk@rmutl.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติแบบไร้สายโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW บนไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการเดินสายไฟแบบดั้งเดิมและไม่พึ่งพาสัญญาณ Wi-Fi เครื่องต้นแบบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ บอร์ดควบคุมหลัก บอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล และบอร์ดตรวจวัดความชื้นดิน จากการทดสอบระยะห่างของแต่ละบอร์ดไม่ควรเกิน 82 เมตร ส่วนผลการทดสอบการรดน้ำ 2 แบบ แบบแรก คือ การรดน้ำแบบอัตโนมัติ ในโหมดควบคุมการรดน้ำตามค่าความชื้นของดิน โดยบันทึกข้อมูลความชื้นทุก 5 นาที เป็นระยะเวลา 1,500 นาที พบว่าระบบสามารถรักษาความชื้นในดินให้อยู่ไม่ต่ำกว่า 50% ได้ ส่วนโหมดควบคุมการรดน้ำตามเวลาสามารถทำงานวันละ 2 ครั้ง ตามที่ออกแบบไว้ แบบที่สอง คือ การควบคุมรดน้ำด้วยมือทั้งโหมด Button Switch และ On-Off สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบสามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างบอร์ดควบคุมต่าง ๆ ผ่านโปรโตคอล ESP-NOW ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาสัญญาณ Wi-Fi และไม่ต้องเดินสายไฟระหว่างบอร์ดควบคุม

คำสำคัญ: ESP-NOW, ESP32, ระบบรดน้ำอัตโนมัติ, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน, เกษตรอัจฉริยะ

Wireless Automatic Irrigation Control System Using ESP-NOW Technology

Masakorn Mankaew[1] Ratchaphum Chimthong[1] Patchreeporn Turanworn[1] Somnuk Khruesorn[1*]

[1] Rajamangala University of Technology Tak.
41/1 Phaholyothin Rd, Mai-ngam Muang Tak 63000
*somnuk@rmutl.ac.th

Abstract

This research presents a wireless automatic irrigation control system based on ESP-NOW technology using ESP32 microcontrollers. The objective of the system is to eliminate conventional wiring and operate independently of Wi-Fi connectivity. The prototype consists of three main components: a main control board, a remote monitoring and control board, and a soil moisture sensing board. Experimental results indicate that the communication distance between each board should not exceed 82 meters to ensure reliable operation.

The irrigation system was evaluated under two operating methods. The first method was automatic irrigation. In the soil moisture control mode, soil moisture data were recorded every 5 minutes over a period of 1,500 minutes. The results showed that the system successfully maintained the soil moisture level above 50%. In the time-based irrigation mode, the system operated twice daily according to the predefined schedule. The second method was manual irrigation control, including both Button Switch mode and On-Off mode, both of which functioned as designed.

The experimental results demonstrate that the prototype can reliably exchange data among the control boards through the ESP-NOW protocol without requiring a Wi-Fi network or wired connections between the control boards. These findings indicate that the proposed system provides an effective and practical solution for wireless automatic irrigation applications.

Keywords: ESP-NOW, ESP32, Automatic Irrigation Control System, Soil Moisture Sensor, Smart Agriculture

1. บทนำ

การรดน้ำต้นไม้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในระบบรดน้ำอัตโนมัติ เพื่อช่วยตรวจวัดสภาพแวดล้อมและควบคุมการให้น้ำได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยของ Pereira และคณะ[1] ได้นำเสนอระบบรดน้ำอัจฉริยะที่ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับเซนเซอร์และแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำและลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำ สำหรับงานวิจัยด้านการตรวจวัดความชื้นในดิน Abdelmoneim และคณะ[2] ได้พัฒนาระบบตรวจวัดความชื้นดินผ่านเทคโนโลยี IoT ที่สามารถติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์จากระยะไกล ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Urazayev และคณะ[3] รายงานว่าโปรโตคอล ESP-NOW สามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ESP32 ได้โดยตรง มีค่าความหน่วงต่ำ ใช้พลังงานต่ำ และมีความน่าเชื่อถือ และเหมาะสำหรับระบบเซนเซอร์ไร้สาย ซึ่งสอดคล้องกับ สทารัชว์ และคณะ[4] ใช้ ESP-NOW โดยไม่พึ่งพา Wi-Fi เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมโรงนอนทหารให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพกว่าระบบแบบดั้งเดิมได้

อย่างไรก็ตามระบบรดน้ำ อัตโนมัติ ส่วนใหญ่มักใช้ชุดควบคุมส่วนกลางเพียงชุดเดียวในการรับข้อมูลประมวลผล และสั่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการเดินสายไฟ การบำรุงรักษา และการขยายระบบในพื้นที่ที่มีระยะห่างระหว่างจุดติดตั้งอุปกรณ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบควบคุมการรดน้ำต้นไม้แบบไร้สายโดยใช้ ESP-NOW บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อแยกส่วนตรวจวัดความชื้นดิน ส่วนควบคุมปั๊มน้ำ และส่วนแสดงผลออกจากกัน โดยสื่อสารผ่านเครือข่ายไร้สายโดยไม่ต้องพึ่งพาสัญญาณ Wi-Fi ช่วยลดความยุ่งยากในการเดินสายไฟ เพิ่มความยืดหยุ่นในการติดตั้ง และรองรับการขยายระบบในอนาคตได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยี ESP-NOW

ESP-NOW เป็นโปรโตคอลการสื่อสารแบบไร้สายที่พัฒนาโดยบริษัท Espressif Systems สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และ ESP8266 โดยใช้คลื่นความถี่ 2.4 GHz เช่นเดียวกับระบบ Wi-Fi ทั่วไป แต่มีความแตกต่างตรงที่อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้โดยตรงในลักษณะ Peer-to-Peer Communication โดยไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อผ่าน Access Point (AP) หรือ Router ทำให้ลดความซับซ้อนของระบบเครือข่ายและลดเวลาในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์

ESP-NOW ทำงานโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่าน MAC Address ของอุปกรณ์แต่ละตัว เมื่อมีการกำหนดอุปกรณ์ปลายทาง (Peer Device) เรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์สามารถส่งและรับข้อมูลระหว่างกันได้ทันที ส่งผลให้มีค่าความหน่วง (Latency) ต่ำกว่าการสื่อสารผ่าน Wi-Fi แบบปกติ เหมาะสำหรับงานควบคุมและตรวจติดตามที่ต้องการการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ESP-NOW รองรับการสื่อสารแบบ One-to-One(ตัวต่อตัว), One-to-Many(หนึ่งต่อกลุ่ม), Many-to-One(กลุ่มต่อตัว) และ Many-to-Many(กลุ่มต่อกลุ่ม) ทำให้สามารถออกแบบระบบที่มีอุปกรณ์หลายโหนดทำงานร่วมกันได้

2.1. การสื่อสารแบบ One-to-One

การสื่อสารแบบนี้เป็นการสื่อสารโดยกำหนดให้บอร์ดตัวหนึ่งเป็นตัวส่ง(Master) อีกตัวเป็นตัวรับ(Slave) ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 1 โดยกดสวิตช์ Button ที่บอร์ด Master(ESP32#1) เพื่อควบคุมหลอด LED ที่บอร์ด Slave(SEP32#2)



รูปที่ 1. การสื่อสาร ESP-NOW แบบ One-to-One

2.2 การสื่อสารแบบ One-to-Many

การสื่อสารแบบนี้กำหนดให้บอร์ดหลัก (Master) 1 ตัว ส่งคำสั่งควบคุมกระจายไปยังบอร์ดปลายทาง (Slaves) หลายๆ ตัวพร้อมกัน ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2 โดยกดสวิตช์ Button ที่บอร์ดMaster(ESP32#1) เพื่อควบคุมหลอด LED ที่บอร์ด Slave 3 บอร์ด Slave1(SEP32#2), Slave2(SEP32#3) และ Slave3(SEP32#4)



รูปที่ 2. การสื่อสาร ESP-NOW แบบ One-to-Many

2.3. การสื่อสารแบบ **Many-to-One**

การสื่อสารจะมีลักษณะบอร์ดหลัก (Master) หลายตัว ส่งคำสั่งควบคุมมายังบอร์ดปลายทาง (Slaves) บอร์ดเดียว เช่น รีโมทหลายตัวสั่งปิดไฟดวงเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. การสื่อสาร ESP-NOW แบบ Many-to-One

2.4. การสื่อสารแบบ **Many-to-Many**

การสื่อสารลักษณะนี้บอร์ดทุกตัวทำหน้าที่เป็นทั้ง **ตัวรับและตัวส่ง (Transceiver)** และรู้จักกันหมด เหมาะกับระบบสมาร์ทโฮมที่อุปกรณ์คุยกันเองดังแสดงในรูปที่ 4



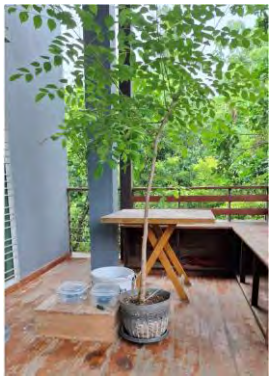
รูปที่ 4. การสื่อสาร ESP-NOW แบบ Many-to-Many

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอ

สำหรับระบบรดน้ำของระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอ พัฒนาขึ้นเพื่อลดการเดินสายไฟฟ้าระหว่างชุดควบคุมแบบดั้งเดิมที่เดินสายไฟมาเป็นแบบเชื่อมต่อแบบไร้สาย และต้องไม่พึ่งพาสัญญาณ Wi-Fi โดยชุดต้นแบบจะประกอบด้วยบอร์ดควบคุม 3 บอร์ดแยกจากกัน คือ บอร์ดควบคุมหลัก บอร์ดตรวจจับความชื้น และบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล ดังแสดงในรูปที่ 5.





ก. ระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่ออกแบบไว้ ข. ไม้กระถางที่ใช้ทดสอบ

รูปที่ 5. ระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอ

3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบ “***ระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW***” ซึ่งรองรับการทำงาน 2 โหมด ได้แก่ โหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยมือ โหมดอัตโนมัติแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การควบคุมการรดน้ำตามค่าความชื้นของดิน ต่อไปจะเรียกว่า “***โหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้น***” และการควบคุมการรดน้ำตามเวลาที่กำหนด ต่อไปจะเรียกว่า “***โหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา***”

ส่วนโหมดควบคุมด้วยมือแบ่งเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบแรก “***โหมด Button Switch***” ทำงานในช่วงโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้น โดยปั๊มน้ำจะทำงานเฉพาะช่วงที่กดสวิตช์ S1 ค้างไว้ และรูปแบบที่สอง “***โหมด On-Off***” ทำงานในช่วงควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา โดยกดสวิตช์ S1 เพื่อเปิดปั๊มน้ำและกดสวิตช์ S2 เพื่อปิดปั๊มน้ำ

ระบบถูกกำหนดให้เริ่มทำงานในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้นเป็นค่าเริ่มต้น และจะสลับไปใช้โหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลาโดยอัตโนมัติเมื่อบอร์ดตรวจวัดความชื้นไม่สามารถทำงานได้ เพื่อให้ระบบยังคงทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีความน่าเชื่อถือสูง

3.3 ระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอ

ระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอตามข้อกำหนดข้างต้นจะประกอบด้วยบอร์ดควบคุม 3 บอร์ด ดังนี้ บอร์ดแรกบอร์ดควบคุมหลัก ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิด ปั๊มน้ำ ทั้งในโหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยมือ บอร์ดที่สองบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน และ ควบคุมการทำงานในโหมดควบคุมด้วยมือ บอร์ดที่สามบอร์ดตรวจจับความชื้น ทำหน้าที่ตรวจจับความชื้นในดินเพื่อส่งให้กับบอร์ดควบคุมหลัก

3.3.1 บอร์ดควบคุมหลัก

บอร์ดควบคุมหลักทำหน้าที่ควบคุมรีเลย์เพื่อปิด/เปิดปั๊มน้ำ นอกจากนี้บอร์ดควบคุมหลักยังติดตั้งชิป RTC DS3231 เพื่อรองรับการทำงานในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา และติดตั้งสวิตช์ปุ่มกด Push button สวิตช์ 2 ตัว สำหรับการควบคุมด้วยมือ รายละเอียดและบอร์ดหลักต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 6.



ก. บอร์ดควบคุมหลักที่ออกแบบ



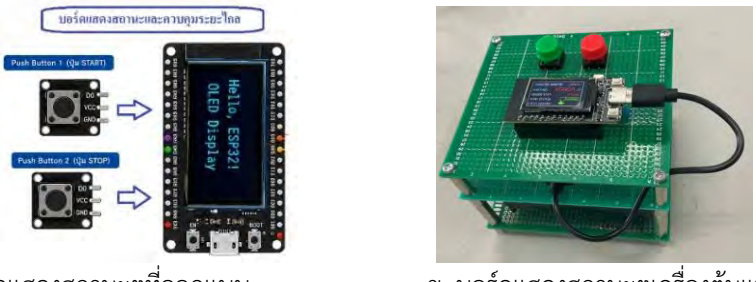
ข. บอร์ดควบคุมหลักเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 6. บอร์ดควบคุมหลัก

3.3.2 บอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล

บอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล ทำหน้าที่แสดงสถานการณ์ทำงานของระบบที่ส่งมาจากบอร์ดควบคุมหลักผ่าน ESP-NOW โดยแสดงข้อมูลด้วยจอ OLED ที่ติดตั้งอยู่บน ESP32 OLED V2

นอกจากนั้นยังติดตั้ง Push button สวิตช์ 2 ตัว สำหรับส่งสัญญาณการควบคุมด้วยมือให้กับบอร์ดควบคุมหลักผ่านไปทาง ESP-NOW โดยต่อวงจรดังรูปที่ 7.

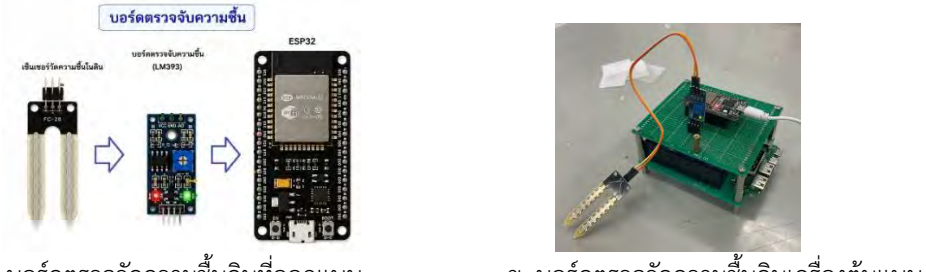


ก. บอร์ดแสดงสถานะฯที่ออกแบบ ข. บอร์ดแสดงสถานะฯเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 7. บอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล

3.3.3 บอร์ดตรวจวัดความชื้นดิน

บอร์ดตรวจวัดความชื้นในดินทำหน้าที่อ่านค่าความชื้นดินและส่งค่าความชื้นดินไปยังบอร์ดควบคุมหลักผ่าน ESP-NOW สำหรับตัวตรวจจับความชื้นที่ใช้เป็นโมดูลวัดค่าความชื้นแบบก้ามปู ใช้ร่วมกับบอร์ด LM393 โดยต่อวงจรดังรูปที่ 8.



ก. บอร์ดตรวจวัดความชื้นดินที่ออกแบบ ข. บอร์ดตรวจวัดความชื้นดินเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 8. บอร์ดตรวจวัดความชื้นดิน

3.4 การทำงานของระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอ

การทำงานของระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอแยกตามการทำงานแต่ละบอร์ดดังนี้ บอร์ดตรวจจับความชื้นจะทำหน้าที่อ่านค่าความชื้นจากดินแล้วส่งความชื้นให้บอร์ดควบคุมหลักผ่าน ESP-NOW ทุก ๆ 5 นาที บอร์ดควบคุมหลักแรกเริ่มจะรับความชื้นในดินจากบอร์ดตรวจจับความชื้นผ่าน ESP-NOW หากติดต่อและรับความชื้นได้บอร์ดควบคุมหลักจะทำงานในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้น และโหมด Button Switch หากบอร์ดควบคุมหลักติดต่อบอร์ดตรวจจับความชื้นไม่ได้ บอร์ดควบคุมหลักจะทำงานในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา และโหมด On-Off ตลอดเวลาที่บอร์ดควบคุมหลักทำงานจะส่งสถานะการทำงานไปให้บอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกลด้วย ESP-NOW สำหรับการทำงานบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล นอกจากจะแสดงสถานะการทำงานที่ถูกส่งมาจากบอร์ดหลักผ่าน ESP-NOW แล้ว ยังสามารถควบคุมการทำงานด้วยมือ ผ่าน ESP-NOW ในโหมด On-Off และ โหมด Button Switch ด้วย

3.5 การทดสอบระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ที่นำเสนอ

สำหรับการทดสอบเครื่องต้นแบบแบ่งออกได้ 3 แบบ แบบแรกการทดสอบระยะห่างการทำงาน ESP-NOW บนบอร์ดต่าง แบบที่สองการทดสอบการรดน้ำแบบอัตโนมัติ โดยแยกย่อยเป็นการทดสอบโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้นและโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา ส่วนการทดสอบแบบสุดท้ายการทดสอบการควบคุมการรดน้ำด้วยมือ แบ่งย่อยเป็นการทดสอบ โหมด Button Switch และ โหมด On-Off

3.5.1 การทดสอบระยะห่างการทำงาน ESP-NOW บนบอร์ดต่าง

สำหรับการทดสอบนี้เพื่อกำหนดระยะความห่างที่เหมาะสมของบอร์ดต่างที่ ESP-NOW ยังคงทำงานได้ การทดสอบจะปรับระยะห่างของบอร์ด 2 บอร์ด ออกห่างจากกันเป็นเส้นตรง ในสภาวะแวดล้อมเปิดโล่ง โดยจะทดสอบ 2 คู่ คู่แรกของบอร์ดหลักกับบอร์ดตรวจจับความชื้น คู่ที่สองบอร์ดหลักกับบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล จากนั้นบันทึกผลในตารางที่ 1.

ตารางที่1. ผลการทดสอบการทดสอบระยะการทำงาน ESP-NOW บนบอร์ดต่าง

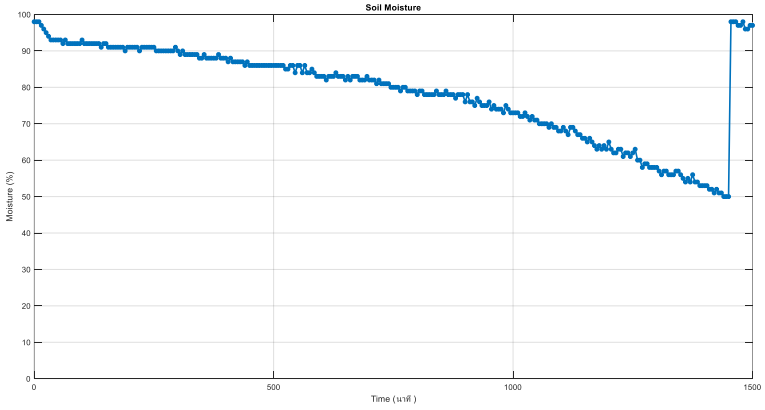
คู่บอร์ด	ระยะ (เมตร)		
	ทำงาน	ทำงาน/ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน
บอร์ดหลัก-บอร์ดตรวจจับความชื้น	0 - 82	83-84	85
บอร์ดหลัก-บอร์ดแสดงสถานะฯ	0 - 84	85-86	87

3.5.2 การทดสอบการรดน้ำแบบอัตโนมัติ

สำหรับการทดสอบนี้จะแยกการทดสอบออก 2 โหมด คือ โหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้น โหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา

1) การทดสอบโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้น

สำหรับการทดสอบในโหมดนี้ทำการทดสอบในวันที่ 10-11 มิถุนายน 2569 ณ ตำบลป่ามะม่วง อ.เมือง จ.ตาก โดยกำหนดให้เครื่องต้นแบบรักษาความชื้นในดินไม้กระถางอยู่ในช่วง 50 - 69 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บค่าระดับความชื้นดินทุก ๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 1,500 นาที(25 ชั่วโมง) ตั้งแต่เวลา 6.00 น วันที่ 10 มิถุนายน 2569 ถึงเวลา 7.00 น. วันที่ 11 มิถุนายน 2569 ผลการทดสอบแสดงในกราฟรูปที่ 9.



รูปที่ 9. กราฟแสดงความชื้นในดินของไม้กระถางที่ทดสอบ

2) การทดสอบโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา

สำหรับการทดสอบในโหมดนี้ กำหนดให้เครื่องต้นแบบรดน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที ครั้งแรกที่เวลา 7.00 น ครั้งที่สองที่เวลา 17.00 น. วิธีการทดสอบทำโดยการปลดตัวตรวจจับความชื้นในดินออกหรือปิดแหล่งจ่ายบอร์ดตรวจจับความชื้น จากนั้นบอร์ดควบคุมหลักเปลี่ยนเป็นโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลาอัตโนมัติ จากนั้นสังเกตการทำงานของรีเลย์และปั๊มน้ำ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2.

ตารางที่2. ผลการทดสอบการควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา

สถานะ : นาฬิกา	สถานะ : รีเลย์	สถานะ : ปั๊มน้ำ
07.00 - 07.05 น	ทำงาน	เปิด
07.06 - 16.59 น	หยุดทำงาน	ปิด
17.00 - 17.05 น	ทำงาน	เปิด
17.06 - 06.59 น	หยุดทำงาน	ปิด

3.5.3 การทดสอบการควบคุมการรดน้ำด้วยมือ

สำหรับการทดสอบนี้จะแยกการทดสอบออก 2 โหมด คือ โหมด Button Switch และ โหมด On-Off

1) การทดสอบโหมด Button Switch

สำหรับการทดสอบในโหมดนี้จะทดสอบในขณะเครื่องต้นแบบทำงานอยู่ในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้น โดยกด push button switch S1 ค้างไว้ และ ปล่อย จากนั้นสังเกตการทำงานของรีเลย์ ปั๊มน้ำและบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบโหมด Button Switch

สถานะ : S1	สถานะ : S2	หน้าจอบอร์ดแสดงสถานะ	สถานะ : รีเลย์	สถานะ : ปั๊มน้ำ
กด	N/A		ทำงาน	เปิด
ปล่อย	N/A		หยุดทำงาน	ปิด

2) การทดสอบโหมด On-Off

สำหรับการทดสอบในโหมดนี้จะทดสอบในขณะเครื่องต้นแบบทำงานอยู่ในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลา โดยกด push button switch S1 และ กด push button switch S2 จากนั้นสังเกตการทำงานของรีเลย์ปั๊มน้ำและบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.

ตารางที่4. ผลการทดสอบโหมด On-Off

สถานะ : S1	สถานะ : S2	หน้าจอบอร์ดแสดงสถานะ	สถานะ : รีเลย์	สถานะ : ปั๊มน้ำ
กดแล้วปล่อย	N/A		ทำงาน	เปิด
N/A	กดแล้วปล่อย		หยุดทำงาน	ปิด

4. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบทั้ง 3 แบบ พบว่า การทดสอบระยะห่างคู่บอร์ดหลักกับบอร์ดตรวจจับความชื้น และคู่บอร์ดหลักกับบอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล สามารถทำงานได้ระยะความห่างไม่ควรเกิน 82 เมตร และ 84 เมตร ตามลำดับ ดังนั้นระยะห่างของบอร์ดที่แนะนำไม่ควรเกิน 82 เมตร สำหรับการรดน้ำแบบอัตโนมัติพบว่า การทำงานในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยความชื้นดังแสดงในรูปที่ 9. สามารถควบคุมความชื้นให้ไม่ต่ำกว่า 50 % ได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้ไม่เกิน 69% ได้ เนื่องจากขณะรดน้ำดินด้านบนสุดของไม้กระถางซึ่งเป็นบริเวนที่ติดตั้งตัวตรวจจับความชื้นในดิน จะถูกรดน้ำโดยตรงทำให้ความชื้นในดินบริเวณนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 100% ทันที ผลการทดสอบในโหมดควบคุมการรดน้ำด้วยเวลาดังแสดงในตารางที่ 2. พบว่าสามารถรดน้ำได้ตามกำหนดที่เวลา 7.00 น. และ 17.00 น. โดยจะทำงานครั้งละ 5 นาที ส่วนการควบคุมการรดน้ำด้วยมือในโหมด Button Switch และ โหมด On-Off ดังแสดงในตาราง ที่ 3 และ ตารางที่ 4 ตามลำดับ สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบควบคุมการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติแบบไร้สายโดยใช้เทคโนโลยี ESP-NOW ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จำนวน 3 บอร์ด ประกอบด้วย บอร์ดควบคุมหลัก บอร์ดแสดงสถานะและควบคุมระยะไกล และบอร์ดตรวจจับความชื้น จากผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นว่าระบบเครื่องต้นแบบสามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ได้โดยไม่พึ่งพาสัญญาณ Wi-Fi ลดความซับซ้อนของการเดินสายไฟ และสามารถติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ห่างกันได้อย่างยืดหยุ่น นอกจากนี้ยังรองรับทั้งการทำงานแบบอัตโนมัติและการควบคุมด้วยมือ ทำให้เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานเกษตรอัจฉริยะ

สำหรับการพัฒนาในอนาคต สามารถเพิ่มระบบบันทึกข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต การแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน หรือการใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มความสามารถและความสะดวกในการใช้งาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] G. P. Pereira, M. Z. Chaari, and F. Daroge. (2023). IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32. *IoT*, 4 (3), 221–243, DOI: 10.3390/iot4030012.

[2] Ahmed. Ali. Abdelmoneim, R. Khadra, B. Derardja, and G. Dragonetti. (2023). Internet of Things (IoT) for Soil Moisture Tensiometer Automation. *Micromachines*, 14 (2), Artticle Number:263, DOI: 10.3390/mi14020263.

[3] D. Urazayev, A. Eduard, M. Ahsan, and D. Zorbas, (2023). Indoor Performance Evaluation of ESP-NOW. *IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*.4-6 May 2023. Astana. Kazakhstan. pp: 1-6, DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223585.

[4] สทารัชว์ โพธิ์ชัยรัตน์, วนารัตน์ จุฬพันธ์ทอง, และ นพดล สีสุข. (2568). การพัฒนาระบบตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงนอนทหารในช่วงฤดูร้อนโดยใช้โปรโตคอลสื่อสารไร้สายที่ไม่พึ่งพา Wi-Fi. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 7 (2), 150-161.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การวางแผนความต้องการพัสดุในการจัดการสินค้าคงคลังผลิตภัณฑ์สายไฟของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์

เจตจุฬา ทรงหงษา[1*] ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

Email: jetjula_s@cmu.ac.th[1]*, chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยด้วยวิธีการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสำหรับการจัดการสินค้าคงคลังผลิตภัณฑ์สายไฟของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลวัตถุดิบจากระบบระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กร จำนวน 326 รายการ มูลค่าสินค้าคงคลังรวม 12,565,761 บาท วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการวิเคราะห์สินค้าคงคลังด้วยเทคนิค ABC Analysis เพื่อจำแนกความสำคัญของวัตถุดิบออกเป็นกลุ่ม A B และ C จากนั้นคัดเลือกวัตถุดิบกลุ่ม A ที่มีค่า Minimum Order Quantity น้อยกว่า 100 หน่วย จำนวน 50 รายการ มาวางแผนความต้องการวัสดุ ด้วยการกำหนดขนาดรุ่นโดยใช้ 3 เทคนิค ได้แก่ Lot-for-Lot (LFL), Economic Order Quantity (EOQ) และ Period Order Quantity (POQ) โดยเปรียบเทียบต้นทุนผันแปรรวม ของแต่ละเทคนิคกับค่าที่เหมาะสมที่สุดตามทฤษฎีจากวิธี Wagner-Whitin ผลการศึกษาพบว่า วัตถุดิบกลุ่ม A มีจำนวน 67 รายการ (ร้อยละ 75 ของมูลค่าการใช้ทั้งหมด) มูลค่ารวม 9,381,961 บาท และเมื่อเปรียบเทียบเทคนิค MRP ทั้งสามวิธีกับค่าที่เหมาะสมที่สุดของ Wagner-Whitin พบว่า เทคนิค LFL ให้ค่า TVC เท่ากับวิธีที่ให้ค่าดีที่สุดที่ 22,794.00 บาท จึงถูกเลือกเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มวัตถุดิบนี้การนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ช่วยลดมูลค่าสินค้าคงคลังของวัตถุดิบกลุ่มที่ศึกษาจาก12,565,761.43 บาท เหลือ 4,529,068.78 บาท หรือลดลงร้อยละ 63.96 อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความเหมาะสมของการวางแผนการสั่งซื้อและสนับสนุนการบริหารสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การวางแผนความต้องการวัสดุ, การบริหารสินค้าคงคลัง, การวิเคราะห์ ABC, วัตถุดิบประเภทสายไฟ, การลดมูลค่าสินค้าคงคลัง

Material Requirements Planning in Inventory Management of Cable Products in Electronics Factory

Jetjula Songhongsa[1*] Chompoonoot Kasemset[2]

[1] Program Logistics and Supply Chain Management, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 239 Huay Kaew Road, Suthep, Mueang Chiang Mai, Chiang Mai 50200, Thailand

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 239 Huay Kaew Road, Suthep, Mueang Chiang Mai, Chiang Mai 50200, Thailand

Email: jetjula_s@cmu.ac.th[1]*, chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th[2]

Abstract

This study aimed to reduce average inventory levels by determining appropriate order quantities for inventory management of wire products in an electronics manufacturing plant. The study utilized data for 326 raw material items extracted from the Enterprise Resource Planning (ERP) system, representing a total inventory value of THB 12,565,761. The research methodology began with inventory classification using ABC analysis to categorize raw materials into Classes A, B, and C based on their consumption value. Subsequently, 50 Class A items with a Minimum Order Quantity (MOQ) of fewer than 100 units were selected for Material Requirements Planning (MRP). Three lot-sizing techniques—Lot-for-Lot (LFL), Economic Order Quantity (EOQ), and Period Order Quantity (POQ)—were evaluated by comparing their Total Variable Cost (TVC) with the optimal solution obtained using the Wagner–Whitin algorithm.

The results indicated that Class A consisted of 67 raw material items, accounting for 75% of the total annual consumption value, with a combined inventory value of THB 9,381,961. Among the three MRP lot-sizing techniques, the LFL method achieved the same TVC as the optimal Wagner–Whitin solution, amounting to THB 22,794.00, and was therefore identified as the most suitable ordering policy for the selected raw materials. The implementation of the proposed approach reduced the inventory value of the studied raw

materials from THB 12,565,761.43 to THB 4,529,068.78, representing a 63.96% reduction. Furthermore, the proposed methodology improved purchasing planning and enhanced the overall efficiency of inventory management.

Keywords: Material Requirements Planning (MRP), Inventory Management, ABC Analysis, Wire Raw Materials, Inventory Reduction

1. บทนำ

ในปัจจุบันการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีความรุนแรงมากขึ้น องค์กรจึงต้องให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการต้นทุนและการใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะการบริหารสินค้าคงคลัง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการดำเนินงาน สภาพคล่องทางการเงิน และความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า การมีสินค้าคงคลังในปริมาณที่เหมาะสมช่วยให้กระบวนการผลิตดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนวัตถุดิบ และเพิ่มประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทาน ในทางกลับกัน หากมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น จะทำให้เกิดต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังสูง ส่งผลให้เงินทุนหมุนเวียนขององค์กรลดลงและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพของวัสดุ

อุตสาหกรรมผลิตสายไฟและเคเบิลเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมสนับสนุนที่มีความสำคัญต่อภาคการผลิตไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภทและมีความต้องการใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องสำรองวัตถุดิบประเภทนี้ไว้ในคลังสินค้าจำนวนมาก เพื่อรองรับความผันผวนของแผนการผลิตและคำสั่งซื้อของลูกค้า จากการรวบรวมข้อมูลผ่านระบบ ERP ของบริษัทกรณีศึกษา พบว่ามีวัตถุดิบประเภทสายไฟจำนวน 326 รายการ คิดเป็นมูลค่าสินค้าคงคลังรวม 12,565,761 บาท ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการใช้เงินลงทุนจำนวนมากในการถือครองสินค้าคงคลัง หากไม่มีการวางแผนและควบคุมที่เหมาะสม อาจส่งผลให้เกิดการสั่งซื้อเกินความจำเป็น การมีสินค้าคงคลังค้างสต็อก และต้นทุนการถือครองที่สูงขึ้น วัตถุดิบประเภทสายไฟจึงเป็นกลุ่มวัสดุที่มีความสำคัญและเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาแนวทางการบริหารสินค้าคงคลังในงานวิจัยนี้

การบริหารสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยการจำแนกความสำคัญของวัสดุเพื่อกำหนดแนวทางการควบคุมที่เหมาะสม เทคนิค ABC Analysis เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังตามมูลค่าการใช้หรือมูลค่าการถือครอง โดยแบ่งวัสดุออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A กลุ่ม B และกลุ่ม C เพื่อกำหนดระดับการควบคุมและนโยบายการสั่งซื้อที่แตกต่างกันตามความสำคัญของแต่ละกลุ่ม ซึ่งช่วยให้องค์กรสามารถจัดสรรทรัพยากรด้านการบริหารสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิผลในการดำเนินงาน นอกจากนี้การกำหนดขนาดและรอบเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบแต่ละกลุ่มยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนรวมของการบริหารสินค้าคงคลัง

โดยเฉพาะในกรณีที่ความต้องการใช้วัตถุดิบมีลักษณะไม่สม่ำเสมอซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุที่เหมาะสม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการปรับปรุงการวางแผนความต้องการวัสดุของวัตถุดิบประเภทสายไฟ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค ABC Analysis ร่วมกับการกำหนดแนวทางการบริหารสินค้าคงคลังที่เหมาะสม เพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัตถุดิบกลุ่มนี้ และจะช่วยให้ลดมูลค่าสินค้าคงคลัง ลดต้นทุนการถือครอง และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนจัดซื้อวัตถุดิบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการบริหารทรัพยากรอย่างยั่งยืนขององค์กร และสนับสนุนการดำเนินงานด้านการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management)

การบริหารสินค้าคงคลังเป็นกระบวนการวางแผน ควบคุม และติดตามปริมาณสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของการผลิตและลูกค้าได้อย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งลดต้นทุนที่เกิดจากการถือครองสินค้าคงคลัง การสั่งซื้อ และการขาดแคลนสินค้า ทั้งนี้การเลือกรูปแบบการบริหารสินค้าคงคลังจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะความต้องการของวัสดุ ระยะเวลานำ (Lead Time) ต้นทุนที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดด้านการส่งมอบ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการดำเนินงานของแต่ละองค์กร เนื่องจากไม่มีรูปแบบการบริหารสินค้าคงคลังรูปแบบใดที่เหมาะสมกับทุกสถานการณ์ ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของระบบบริหารสินค้าคงคลัง (Jin et al., 2025)

2.2 แนวคิดการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirements Planning: MRP)

การวางแผนความต้องการวัสดุเป็นกระบวนการวางแผนการจัดหาวัตถุดิบให้เพียงพอต่อการผลิต โดยอาศัยข้อมูลแผนการผลิต ปริมาณสินค้าคงคลัง และระยะเวลานำมาคำนวณปริมาณและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสั่งซื้อวัตถุดิบ ช่วยลดการสั่งซื้อเกินความจำเป็น ลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลัง (Cipta et al., 2023; F. Sitanggang & Muda, 2022)

2.3 แนวคิดการวิเคราะห์ ABC (ABC Analysis)

ABC Analysis เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการของกฎพาเรโต (Pareto Principle) ในการจำแนกสินค้าคงคลังตามระดับความสำคัญของมูลค่าการใช้หรือมูลค่าการถือครอง โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A ซึ่งมีจำนวนรายการน้อยแต่มีมูลค่าสูงและต้องได้รับการควบคุมอย่างใกล้ชิด กลุ่ม B เป็นสินค้าที่มีความสำคัญปานกลาง และกลุ่ม C เป็นสินค้าที่มีจำนวนรายการมากแต่มีมูลค่ารวมต่ำ จึงสามารถใช้วิธีการควบคุมที่ไม่เข้มงวดเท่ากลุ่ม A การจำแนกสินค้าคงคลังด้วย ABC Analysis ช่วยให้องค์กรสามารถกำหนดนโยบายการจัดซื้อและการควบคุมสินค้าคงคลังให้เหมาะสมกับความสำคัญของแต่ละกลุ่ม ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Gizaw & Jemal, 2021; Mfizi et al., 2023)

2.4 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง

การบริหารสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (Holding Cost) และต้นทุนการขาดแคลนสินค้า (Shortage Cost) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการบริหารสินค้าคงคลังและกำหนดนโยบายการสั่งซื้อให้เหมาะสม (Calışkan, 2021)

2.5 เทคนิคการกำหนดขนาดการสั่งซื้อ (Lot-Sizing Techniques)

การวางแผนความต้องการวัสดุจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการกำหนดขนาดและรอบเวลาการสั่งซื้อ (Lot-Sizing Techniques) ที่เหมาะสมกับลักษณะความต้องการของวัสดุแต่ละประเภท โดยเทคนิคที่นิยมใช้ได้แก่ (1) Lot-for-Lot (LFL) ซึ่งสั่งซื้อในปริมาณเท่ากับความต้องการในแต่ละช่วงเวลาโดยตรง เหมาะกับวัสดุที่มีความต้องการไม่แน่นอน แต่มีความถี่ในการสั่งซื้อสูงและต้นทุนการสั่งซื้อสะสมมาก (Bindewald et al., 2023) (2) Economic Order Quantity (EOQ) ซึ่งคำนวณขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมจากความสมดุลระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อ และต้นทุนการถือครอง โดยอยู่บนสมมติฐานว่าความต้องการมีอัตราคงที่ (Calışkan, 2021; Juan Alejandro et al., 2013) (3) Period Order Quantity (POQ) ซึ่งกำหนดรอบเวลาการสั่งซื้อที่คงที่แล้วสั่งซื้อตามปริมาณความต้องการรวมในแต่ละรอบ ช่วยลดความถี่ในการสั่งซื้อเมื่อเทียบกับ LFL (Juan Alejandro et al., 2013) และ (4) Wagner-Whitin Algorithm ซึ่งเป็นวิธีการโปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming) ที่ให้ผลลัพธ์ต้นทุนผันแปรรวม (Total Variable Cost: TVC) ต่ำที่สุดตามทฤษฎี สำหรับข้อมูลความต้องการที่ทราบแน่นอนล่วงหน้า (Deterministic Demand) จึงมักถูกใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการกำหนดขนาดการสั่งซื้อรูปแบบอื่น (Banyai, 2022; Asmal et al., 2023) อย่างไรก็ตาม วิธี Wagner-Whitin มีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่าเทคนิคอื่น จึงมีการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการกำหนดขนาดการสั่งซื้อ แบบต่าง ๆ กับผลลัพธ์ของ Wagner-Whitin เพื่อคัดเลือกเทคนิคที่ให้ต้นทุนใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด แต่สามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายกว่าในทางปฏิบัติ (Christifan et al., 2021) จริง

การศึกษาครั้งนี้ประยุกต์ใช้แนวคิดการบริหารสินค้าคงคลังร่วมกับการวางแผนความต้องการวัสดุและเทคนิค ABC Analysis เพื่อวิเคราะห์และจำแนกความสำคัญของวัตถุดิบประเภทสายไฟ จากนั้นกำหนดแนวทางการบริหารสินค้าคงคลังและการวางแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกลุ่ม โดยคาดว่าจะช่วยลดมูลค่าสินค้าคงคลัง ลดต้นทุนการถือครอง และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนจัดซื้อวัตถุดิบขององค์กร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบบริหารสินค้าคงคลัง

ศึกษาระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ กระบวนการจัดซื้อ และการบริหารสินค้าคงคลังของบริษัท รวมถึงรวบรวมข้อมูลจากระบบ ERP เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการถือครองสินค้าคงคลัง ซึ่ง

สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาระบบบริหารสินค้าคงคลังที่เริ่มจากการศึกษาสภาพปัญหาและวิเคราะห์สถานการณ์ก่อนกำหนดแนวทางปรับปรุง

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลสินค้าคงคลัง

นำข้อมูลวัตถุดิบทั้งหมดมาคำนวณมูลค่าการใช้ประจำปี พ.ศ.2566-2567 (Annual Usage Value) และจัดเรียงลำดับความสำคัญของวัตถุดิบด้วยเทคนิค ABC Analysis เพื่อแบ่งวัตถุดิบออกเป็นกลุ่ม A กลุ่ม B และกลุ่ม C ตามระดับมูลค่าการใช้

3.3 กำหนดแนวทางการบริหารสินค้าคงคลัง

กำหนดนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังที่แตกต่างกันตามผลการจัดกลุ่ม ABC Analysis โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลความต้องการใช้ ระยะเวลานำ (Lead Time) และต้นทุนที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของวัตถุดิบแต่ละกลุ่ม ตามหลักการเลือกตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลัง

3.4 ปรับปรุงการวางแผนความต้องการวัสดุ

นำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบกลุ่ม A ที่คัดเลือกไว้ โดยวางแผนความต้องการวัสดุด้วยเทคนิคการกำหนดขนาดการสั่งซื้อ 3 รูปแบบ ได้แก่ LFL EOQ และ POQ แล้วเปรียบเทียบต้นทุนผันแปรรวม หรือ TVC ของแต่ละเทคนิคกับค่าที่เหมาะสมที่สุดตามทฤษฎีจากวิธี Wagner-Whitin เพื่อคัดเลือกเทคนิคที่ให้ค่า TVC ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุดมากที่สุด สำหรับนำไปใช้กำหนดปริมาณและรอบเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น

3.5 ประเมินผลประสิทธิภาพการวางแผนการจัดซื้อ

เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง โดยประเมินจากตัวชี้วัด ได้แก่ มูลค่าสินค้าคงคลังรวมของวัตถุดิบกลุ่มที่ศึกษา และ ต้นทุนผันแปรรวม ของ ร้อยละของมูลค่าสินค้าคงคลังที่ลดลง เมื่อใช้เทคนิคที่เลือกในขั้นที่ 3.4

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันของสินค้าคงคลัง

จากการรวบรวมข้อมูลผ่านระบบ ERP พบว่ามีวัตถุดิบประเภทสายไฟจำนวน 326 รายการ มีมูลค่าสินค้าคงคลังรวม 12,565,761 บาท ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าบริษัทมีการลงทุนในสินค้าคงคลังเป็นมูลค่าสูง จึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ความสำคัญของวัตถุดิบแต่ละรายการเพื่อกำหนดแนวทางการบริหารสินค้าคงคลังให้เหมาะสม

4.2 ผลการจัดกลุ่มวัตถุดิบด้วยเทคนิค ABC Analysis

ผู้วิจัยนำข้อมูลวัตถุดิบทั้งหมดมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ABC Analysis โดยเรียงลำดับตามมูลค่าการใช้ต่อปี (Annual Usage Value) แล้วแบ่งออกเป็นกลุ่ม A กลุ่ม B และกลุ่ม C ผลการวิเคราะห์พบว่า สามารถแบ่งวัตถุดิบออกเป็น 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการจัดกลุ่มวัตถุดิบด้วยเทคนิค ABC Analysis (326 รายการ)

กลุ่ม (Group)	จำนวนรายการ (Items)	สัดส่วน (%)	มูลค่ารวม (บาท)
A	67	75%	9,381,961
B	116	20%	2,529,092
C	143	5%	654,709

ผลการจัดกลุ่มแสดงให้เห็นว่า วัตถุดิบกลุ่ม A มีจำนวนรายการไม่มาก แต่มีมูลค่าการถือครองสูง จึงควรได้รับการควบคุมอย่างใกล้ชิด ส่วนกลุ่ม B และกลุ่ม C สามารถกำหนดระดับการควบคุมที่แตกต่างกันตามความสำคัญ

4.3 ผลการกำหนดแนวทางการบริหารสินค้าคงคลัง

จากผลการจัดกลุ่ม ABC ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการบริหารสินค้าคงคลัง ดังนี้

กลุ่ม A กำหนดให้มีการติดตามปริมาณคงคลังอย่างใกล้ชิด และวางแผนการสั่งซื้ออย่างเหมาะสม

กลุ่ม B ใช้การควบคุมในระดับปานกลาง และทบทวนการสั่งซื้อเป็นระยะ

กลุ่ม C ใช้วิธีควบคุมแบบทั่วไป เพื่อลดต้นทุนในการบริหารจัดการ

จากการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของวัตถุดิบด้วยเทคนิค ABC Analysis พบว่า วัตถุดิบกลุ่ม A มีจำนวนทั้งสิ้น 67 รายการ ซึ่งเป็นกลุ่มวัตถุดิบที่มีมูลค่าการใช้สูงและส่งผลกระทบต่อต้นทุนสินค้าคงคลังของบริษัทมากที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกวัตถุดิบกลุ่ม A จำนวน 50 รายการ ที่มีค่า Minimum Order Quantity หรือ MOQ น้อยกว่า 100 หน่วย เพื่อนำมาวิเคราะห์และพัฒนาแนวทางการวางแผนความต้องการวัสดุด้วยระบบ MRP เนื่องจากวัตถุดิบกลุ่มดังกล่าวมีความถี่ในการสั่งซื้อสูง และมีการเคลื่อนไหวของสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ การวางแผนจัดซื้อ และการควบคุมระดับสินค้าคงคลังได้อย่างชัดเจน จึงเหมาะสมสำหรับการศึกษาผลกระทบและประสิทธิภาพของระบบ MRP

นำข้อมูลจากการที่ได้วิเคราะห์มาหาค่า (Variability Coefficient: VC) ในการทดสอบเพื่อหาค่า VC ค่าที่คำนวณได้สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ลักษณะความต้องการพัสดุได้ โดยหากค่า VC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.25 จะหมายถึงความต้องการพัสดุมีลักษณะแปรปรวนสูง ไม่สม่ำเสมอ และไม่ต่อเนื่อง ทั้งหมด 50 รายการ ทำการหาการวางแผนความต้องการพัสดุ หรือ MRP ตามตารางแผนการจัดการพัสดุคงคลัง ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ LFL , EOQ , POQ สำหรับการหาค่าในตารางที่ 2 ตารางแผนการจัดการพัสดุคงคลัง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบต้นทุน TVC ของแนวทางการวางแผนความต้องการวัสดุ 3 วิธี สำหรับวัตถุดิบกลุ่ม A จำนวน 50 รายการ

วิธีการวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP Technique)	TVC รวม (บาท)	อันดับ (จากต่ำไปสูง)	ผลต่างจากค่า TVC เหมาะสมที่สุด (Wagner-Whitin) (%)
Lot-for-Lot (LFL)	22,794.00	1	**0.00%**
Economic Order Quantity (EOQ)	169,129.22	3	**+641.99%**
Period Order Quantity (POQ)	72,325.61	2	**+217.30%**
Wagner-Whitin (WW) — TVC เหมาะสมที่สุด (มาตรฐานอ้างอิง)	**22,794.00**	**-**	**0.00%**

ที่มา: คำนวณจากข้อมูลความต้องการวัตถุดิบรายเดือน (Dt) ต้นทุนการสั่งซื้อ (P) และต้นทุนการถือครองต่อหน่วยต่อช่วงเวลา (H) ของวัตถุดิบกลุ่ม A จำนวน 50 รายการ

จากตารางที่ 2 เมื่อใช้ค่าต้นทุนผันแปรรวมจากวิธี Wagner-Whitin ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดตามหลักการโปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming) เท่ากับ 22,794.00 บาทเป็นมาตรฐานอ้างอิง พบว่า วิธี LFL ให้ค่า TVC เท่ากับค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีต้นทุน TVC เท่ากับค่าที่ต่ำที่สุดจากวิธี Wagner-Whitin เท่ากับ 22,794.00 บาท รองลงมาคือวิธี POQ ซึ่งมี TVC เท่ากับ 72,325.61 บาท ซึ่งสูงกว่าค่าที่ดีที่สุดถึงร้อยละ 217.30 และวิธี EOQ ซึ่งมี TVC เท่ากับ 169,129.22 บาท และผลต่างมากกว่ามากที่สุดถึงร้อยละ 641.99 ดังนั้น แนวทางการวางแผนความต้องการวัสดุที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัตถุดิบกลุ่ม A ทั้ง 50 รายการ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธี Lot-for-Lot หรือ LFL เนื่องจากให้ต้นทุนผันแปรรวมเท่ากับค่าเหมาะสมที่สุด ในขณะที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายกว่าวิธี Wagner-Whitin ซึ่งต้องอาศัยการคำนวณแบบพลวัตที่ซับซ้อนกว่า

4.4 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

หลังจากนำแนวทางการบริหารสินค้าคงคลังไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบกลุ่ม A ที่ศึกษา (50 รายการ) โดยเลือกใช้เทคนิค LFL สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบมูลค่าสินค้าคงคลังก่อนและหลังการปรับปรุง

มูลค่าสินค้าคงคลังก่อนปรับปรุง (บาท)	มูลค่าสินค้าคงคลังหลังปรับปรุง (บาท)	ลดลง (บาท / %)
12,565,761.43	4,529,068.78	8,036,692.65 (63.96%)

นอกจากนี้ยังพบว่าการวางแผนการจัดซื้อมีความเหมาะสมมากขึ้น ลดการสั่งซื้อเกินความจำเป็น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลัง

4.5 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคนิค ABC Analysis ร่วมกับการปรับปรุงการวางแผนความต้องการวัสดุ สามารถช่วยให้บริษัทจัดลำดับความสำคัญของวัตถุดิบได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้สามารถกำหนดนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังที่เหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม ลดการถือครองสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น และสนับสนุนการวางแผนจัดซื้อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยในการลดมูลค่าสินค้าคงคลังและเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารวัสดุ

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการวางแผนความต้องการวัสดุเพื่อลดมูลค่าสินค้าคงคลังของวัตถุดิบประเภทสายไฟ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค ABC Analysis ร่วมกับการวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) จากการวิเคราะห์ข้อมูลวัตถุดิบจำนวน 326 รายการ มูลค่ารวม 12,565,761 บาท ผลการจัดกลุ่มด้วย ABC Analysis พบว่าวัตถุดิบกลุ่ม A มีจำนวน 67 รายการ (75% ของมูลค่าการใช้) มูลค่ารวม 9,381,961 บาท ซึ่งเป็นกลุ่มที่ควรได้รับการควบคุมอย่างใกล้ชิดที่สุด เมื่อคัดเลือกวัตถุดิบกลุ่ม A ที่มี MOQ น้อยกว่า 100 หน่วย จำนวน 50 รายการ มาเปรียบเทียบเทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุ 3 รูปแบบ (LFL, EOQ, POQ) กับค่าที่เหมาะสมที่สุดตามทฤษฎีจากวิธี Wagner-Whitin ซึ่งมี TVC เท่ากับ 22,794.00 บาท พบว่าเทคนิค LFL มีค่าต้นทุนผันแปรรวมเท่ากับค่าที่เหมาะสมที่สุดพอดีที่ TVC เท่ากับ 22,794.00 บาท จึงถูกเลือกเป็นแนวทางที่นำไปปฏิบัติจริง ผลจากการนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ ทำให้มูลค่าสินค้าคงคลังของวัตถุดิบกลุ่มที่ศึกษาลดลงจาก 12,565,761.43 บาท เหลือ 4,529,068.78 บาท หรือลดลงร้อยละ 63.96

ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดการบริหารสินค้าคงคลังที่มุ่งสร้างสมดุลระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการถือครอง และความเสี่ยงจากการขาดแคลนวัตถุดิบ โดยการใช้เทคนิค ABC Analysis เป็นเครื่องมือในการจัดลำดับความสำคัญของวัตถุดิบ ทำให้สามารถจัดสรรทรัพยากรในการบริหารสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลการเปรียบเทียบเทคนิคการกำหนดขนาดการสั่งซื้อกับค่าที่เหมาะสมที่สุดจากวิธี Wagner-Whitin แสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่นำไปปฏิบัติได้ง่าย เช่น LFL สามารถให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุดตามทฤษฎีได้ในระดับที่น่าพอใจ โดยไม่จำเป็นต้องใช้วิธีที่ซับซ้อนอย่าง Wagner-Whitin ในทาง

ปฏิบัติเสมอไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้าที่ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกเทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะความต้องการของวัสดุแต่ละประเภท

ดังนั้น องค์กรสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดนโยบายการจัดซื้อและการควบคุมสินค้าคงคลังของวัตถุดิบประเภทอื่นได้ โดยควรมีการทบทวนการจัดกลุ่มวัตถุดิบเป็นระยะ และประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลความต้องการใช้จริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลังและลดต้นทุนขององค์กรในระยะยาว ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวยังสอดคล้องกับหลักการบริหารทรัพยากรอย่างยั่งยืน เนื่องจากช่วยลดการถือครองวัสดุส่วนเกินและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากขึ้น สำหรับการศึกษาต่อไป ควรพิจารณาการวางแผนความต้องการวัสดุภายใต้ความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ (Uncertain Demand) เพิ่มเติม เพื่อให้แนวทางการบริหารสินค้าคงคลังมีความยืดหยุ่นและสอดคล้องกับสภาพการดำเนินงานจริงมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

Jin, Z. L., Maasoumy, M., Liu, Y., Zheng, Z., & Ren, Z. (2025). *Stochastic optimization of inventory at large-scale supply chains*. *arXiv preprint arXiv:2502.11213*.

Cipta, H., Aprilia, R., & Kurniawan, H. (2023). *Material requirements planning method for controlling inventory of raw materials*. *Jurnal Teknik Informatika CIT Medicom, 15*(1), 1–8.

F. Sitanggang, J., & Muda, I. (2022). *The conversion cycle: Review of material requirements planning (MRP).* In *Proceedings of the 1st International Conference on Social, Science, and Technology (ICSST 2021)*.

Gizaw, T., & Jemal, A. (2021). *How is information from ABC-VED-FNS matrix analysis used to improve operational efficiency of pharmaceuticals inventory management? A cross-sectional case analysis*. *Integrated Pharmacy Research and Practice, 10*, 65–73. https://doi.org/10.2147/IPRP.S310716

Mfizi, E., Niragire, F., Bizimana, T., & Mukanyangezi, M. F. (2023). *Analysis of pharmaceutical inventory management based on ABC-VEN analysis in Rwanda: A case study of Nyamagabe district*. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice, 16*(1), 30. https://doi.org/10.1186/s40545-023-00540-5

Calıskan, C. (2021). *A simple derivation of the optimal solution for the EOQ model for deteriorating items with planned backorders*. *Applied Mathematical Modelling, 89*, 1373–1381. https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.08.037

Bindewald, V., Dunke, F., & Nickel, S. (2023). *Comparison of different approaches to multistage lot sizing with uncertain demand*. *International Transactions in Operational Research, 30*(6), 3771–3800. https://doi.org/10.1111/itor.13305

Juan Alejandro, G.-H., John Willmer, E., & Álvaro, F.-C. (2013). *A multi-product lot-sizing model for a manufacturing company*. *Ingeniería, Investigación y Tecnología, 14*(3), 413–419. https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72254-6

Banyai, T. (2022). *Sensitivity analysis of Wagner-Whitin algorithm*. *Journal of Production Engineering, 25*(1), 37–42. https://doi.org/10.24867/jpe-2022-01-037

Asmal, S., Kurniawan, D., Indah, B., Anshar, M., & Suradi, S. (2023). *Inventory planning of raw material using Silver Meal and Wagner Whitin Algorithm*. *Acta Logistica, 10*(4), 589–596. https://doi.org/10.22306/al.v10i4.437

Christifan, A. J., Gozali, L., Widodo, L., Daywin, F. J., & Doaly, C. O. (2021). Production planning and inventory control using artificial neural network forecasting for furniture Industry 4.0 custom production. Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การศึกษาและเปรียบเทียบพารามิเตอร์อุตุนิยมวิทยาจุลภาคภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สองหน้าและแผงเซลล์แสงอาทิตย์สีฟ้าสำหรับระบบเกษตรกรรมร่วมเซลล์แสงอาทิตย์

ปฐมธิติ์ ชัยเศรษฐพงศ์[1*], ธาตรี มามี[1], อรรถการ จันทร์ศศิธร[1], อุสาห์ บุญบำรุง[1], ปฐมาภรณ์ ศรีผดุงธรรม[2]

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยบูรณาการระบบพลังงานสะอาด สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[2] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*E-mail : Pathomthit.cha@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 089-668-3482

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีผลการส่องผ่านของแสง ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับอุตุนิยมวิทยาจุลภาคภาคสนามภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้าและชนิดสีฟ้าที่เปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงกลางแจ้ง โดยทำการตรวจวัดค่า PAR, สเปกตรัมแสง, อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยระบบเซนเซอร์ประดิษฐ์เองที่ใช้ NodeMCU ผลการศึกษาพบว่าแผงสีฟ้ายอมให้แสงส่องผ่านได้บางส่วน มีค่า PAR น้อยกว่าจุดกลางแจ้งร้อยละ 80 ขณะที่แผงชนิดสองหน้าแสงเกือบทั้งหมดไม่สามารถส่องผ่านได้ ด้านสเปกตรัมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สีฟ้าให้แสงสีฟ้าและสีเขียวผ่านได้สูงสุด อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิดมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันและแนวโน้มในทิศทางเดียวกันเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สีฟ้ามีความเหมาะสมในกลุ่มพืชที่ต้องการความเข้มแสงต่ำถึงปานกลางและสเปกตรัมแสงช่วงสีฟ้าและสีเขียว

คำสำคัญ อุตุนิยมวิทยาจุลภาค, รังสีส่วนที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง, แผงเซลล์แสงอาทิตย์สีฟ้า

Investigation and Comparison of Microclimatic Parameters Under Bifacial and Blue Solar Panels for Agrivoltaic Applications

Pathomthit Chaisedthaphong[1*], Thatree Mamee[1], Attakarn Jansasithorn[1],
Usa Boonbumroong[1], Patamaporn Sripadungtham[2]

[1] Clean Energy Systems Integration (CESi), Pilot Plant Development and Training Institute,
King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien),
49 Soi Thian Thale 25, Bang Khun Thian Chai Thale Rd., Tha Kham,
Bang Khun Thian, Bangkok, 10150, Thailand
[2] Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University,
50 Ngamwongwan Rd, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

*E-mail: Pathomthit.cha@gmail.com, Tel: 089-668-3482

Abstract

This study is to compares the type of solar cell panel that effect to field micro-meteorological parameters beneath bifacial and blue semi-transparent photovoltaic (PV) panels against an open-field reference. PAR, light spectrum, temperature, and relative humidity were monitored using a custom NodeMCU-based sensor system. Results showed that blue PV panels allowed partial light transmission, reducing PAR by 80% with peak transmission in blue and green wavelengths, whereas bifacial panels blocked nearly all light. Both types exhibited similar temperature and humidity trends. Consequently, blue PV panels are highly suitable for crops requiring low-to-moderate light intensity and specific blue-green spectrums.

Keywords: Microclimate, Photosynthetically Active Radiation (PAR), Blue Solar Panel

1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการพลังงานหมุนเวียนและการจัดสรรทรัพยากรที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุดกำลังเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ แนวคิดระบบเกษตรกรรมร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Agrivoltaics: AgriPV) จึงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบโจทย์การใช้พื้นที่เดียวกันในการทำเกษตรกรรมควบคู่ไปกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Khele and M.Szabo, 2021) และ (Axel et al., 2019)

สุทธินันท์ เจริญเสถียรโชค และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาการส่องผ่านแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น 300–1,100 nm และการวัดอุณหภูมิที่ผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้า (Blue Semi-Transparent Solar Panel) โดยใช้กระจกใสแบบเรียบเป็นแผ่นปิดป้องกันด้านหลัง ซึ่งมีสีที่ใช้ 7 แบบ ได้แก่ กระจกใส, กระจกสีฟ้า, กระจกสีเขียว, กระจกสีเหลือง, กระจกสีส้ม และกระจกสีแดง ในการทดสอบ indoor และ outdoor การเลือกใช้ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบ AgriPV จำเป็นต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ทางสภาพภูมิอากาศจุลภาค (Microclimate) เนื่องจากพืชต้องการช่วงความยาวคลื่นแสงเฉพาะในการสังเคราะห์แสง (Photosynthetically Active Radiation: PAR) อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการส่องผ่านของแสง ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับอุตุนิยมวิทยาจุลภาคภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ชนิด ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้า (Bifacial Solar Panel) และแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้า ในการทดสอบแบบภาคสนาม โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ในการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ติดเหนือแผงและใต้แผง เพื่อศึกษาผลกระทบของแสงแต่ละชนิด ได้แก่ PAR, สเปกตรัมของแสง, อุณหภูมิแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์ภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงกลางแจ้ง โดยข้อมูล PAR ที่ศึกษานั้นใช้สำหรับวัดความเข้มของแสงในช่วงคลื่นที่พืชสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เพื่อบอกปริมาณแสงสะสมที่พืชได้รับในหนึ่งวันว่าเพียงพอหรือไม่ ผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการใช้เป็นแนวทางบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและการเลือกใช้เทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชในระบบเกษตรกรรมร่วมเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลกระทบของแสงต่อระบบ Agrivoltaics

ระบบเกษตรกรรมร่วมกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Agrivoltaics: AgriPV) เป็นแนวคิดในการใช้พื้นที่เดียวกันสำหรับการผลิตพลังงานและการเพาะปลูกพืช โดยประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของแสงที่ส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อค่า PAR สเปกตรัมแสง

อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น การศึกษาการส่องผ่านของแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดจึงมีความสำคัญต่อการเลือกใช้แผงที่เหมาะสมสำหรับระบบ Agrivoltaics อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้า (Bifacial Solar Panel)

เป็นเทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้าที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จากทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยรับแสงแดดโดยตรงที่ด้านหน้าและแสงสะท้อนจากพื้นผิว (Albedo) ที่ด้านหลัง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยรวมได้ถึงร้อยละ 5–25 เมื่อเทียบกับแผงแบบดั้งเดิม (Monofacial) ที่รับแสงได้ด้านเดียว ในการศึกษานี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ JinKo Solar รุ่น JKM630N-78HL4-BDV

2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้า (Blue Semi-Transparent Solar Panel)

เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงบางส่วนที่ถูกออกแบบมาเพื่อระบบ AgriPV โดยเฉพาะ โดยยอมให้แสงผ่านบางส่วน มีความสามารถในการกรอง UV และลดความร้อนที่ส่องผ่าน (สุทธินันท์ เจริญเสถียรโชค และคณะ, 2559) โดยมีคุณลักษณะเฉพาะแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 คุณลักษณะเฉพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้า

2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดและระบบ IoT

เทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและรับส่งข้อมูลระหว่างกันผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อควบคุม สั่งการ หรือวิเคราะห์ข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ ในที่นี้จะใช้ ESP8266 ใน NodeMCU ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น Photosynthetically Active Radiation (PAR) sensor วัดรังสีอาทิตย์ส่วนที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง (400–700 นาโนเมตร) เพื่อศึกษาปริมาณแสงที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต มีหน่วยเป็น μmol/m²/s, Spectrum sensor วัดองค์ประกอบความยาวคลื่นของแสง ทำงานโดย

แยกแสงออกเป็น 11 แชนเนล ครอบคลุมแสงที่มองเห็นได้ (Visible Light) 8 ช่อง, แสงอินฟราเรด (NIR) 1 ช่อง, ช่องเปล่าสำหรับตรวจจับการกะพริบของแสง (Flicker) และแชนเนลรับแสงรวม มีหน่วยเป็น Counts (ปริมาณโฟตอนแสงที่ตกกระทบในย่านความยาวคลื่นนั้น ๆ) ยิ่งค่า Counts สูง แสดงว่าในสภาพแวดล้อมนั้นมีแสงที่ความยาวคลื่นแชนเนลนั้น ๆ เข้มข้นมาก, อุณหภูมิแวดล้อม มีหน่วยเป็น °C และความชื้นสัมพัทธ์ มีหน่วยเป็น %RH เพื่อดูสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์

การออกแบบชุดเซ็นเซอร์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย PAR sensor ใช้พอร์ตสื่อสารชนิด RS485 Photosynthetically Active Radiation sensor ของ DFRobot (Accuracy ±5% (1,000 μmol/m²•s, @550 nm, 60%RH, 25 °C)), Spectrum sensor รุ่น AS7341 (ใช้สำหรับวิเคราะห์สเปกตรัมของแสง โดยรายงานผลเป็นค่า Digital Counts ของแต่ละช่วงความยาวคลื่น ซึ่งเป็นค่าความเข้มเชิงสัมพัทธ์ (Relative Intensity) สำหรับใช้เปรียบเทียบการกระจายของสเปกตรัมแสงระหว่างตำแหน่งต่าง ๆ ไม่ใช่ค่าความเข้มรังสีในหน่วยมาตรฐาน เนื่องจากไม่ได้ผ่านการสอบเทียบกับเครื่องมืออ้างอิง), Air temperature sensor และ Humidity sensor รุ่น SHT45 (Temperature accuracy: ±0.1 °C (Typical), Relative Humidity accuracy: ±1.0 %RH (Typical))

โดยเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิดจะเชื่อมต่อกับ ESP8266 NodeMCU รวมทั้งหมดจำนวน 3 ชุด ติดตั้งกลางแจ้งเหนือแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 1 ชุด, ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้าจำนวน 1 ชุด และติดตั้งใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบสองด้านจำนวน 1 ชุด โดย PAR sensor และ Spectrum sensor ติดตั้งอยู่ห่างจากใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 5 cm ส่วน Air temperature sensor และ Humidity sensor ติดตั้งอยู่ห่างจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 20 cm เพื่อศึกษาการคายความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ว่าจะส่งผลต่ออุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์อย่างไร แสดงในรูปที่ 2

3.2 ระบบการเก็บและบันทึกข้อมูล

วิธีการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เริ่มจากเขียนโค้ดผ่านโปรแกรม Arduino IDE ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่อยู่ในบอร์ด NodeMCU ทำการเชื่อมต่อระบบ Wi-Fi Internet จากนั้นทำการเชื่อมต่อ Blynk server เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จให้อ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์แต่ละตัวทุก ๆ 10 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นราย 1 นาที เพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบของ Blynk server ในการเก็บเป็นฐานข้อมูลและแสดงผลผ่านทาง Blynk server



รูปที่ 2 การติดตั้งเซ็นเซอร์ (ก) จุดอ้างอิง (ข) ใต้แผงแบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้า (ค) ใต้แผงชนิดสองหน้า

4. ผลการวิจัย

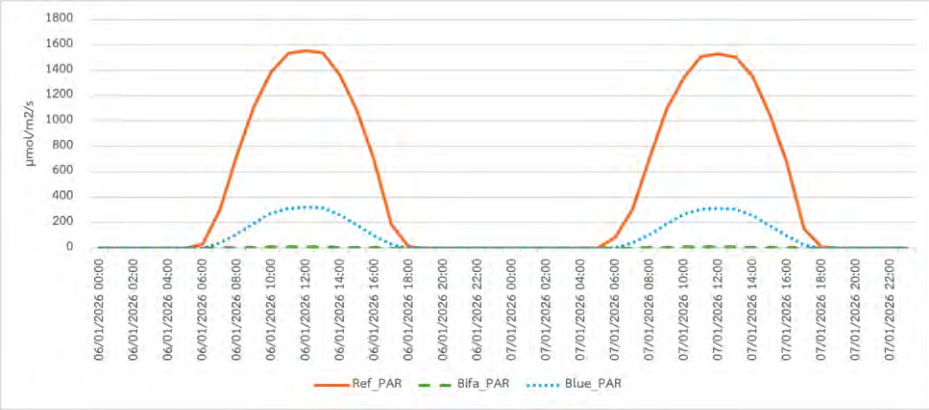
จากการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาจุลภาคใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้าและแบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้าในวันที่ 6–7 มกราคม พ.ศ. 2569 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) จ.กรุงเทพมหานคร โดยมีอุณหภูมิแวดล้อมเฉลี่ยประมาณ 26 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 68 %RH มีค่า PM2.5 เฉลี่ยอยู่ที่ 34.7 μg/m³ ท้องฟ้ามีเมฆเล็กน้อย ผลที่ได้นำมาแสดงผลได้ดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบค่า PAR

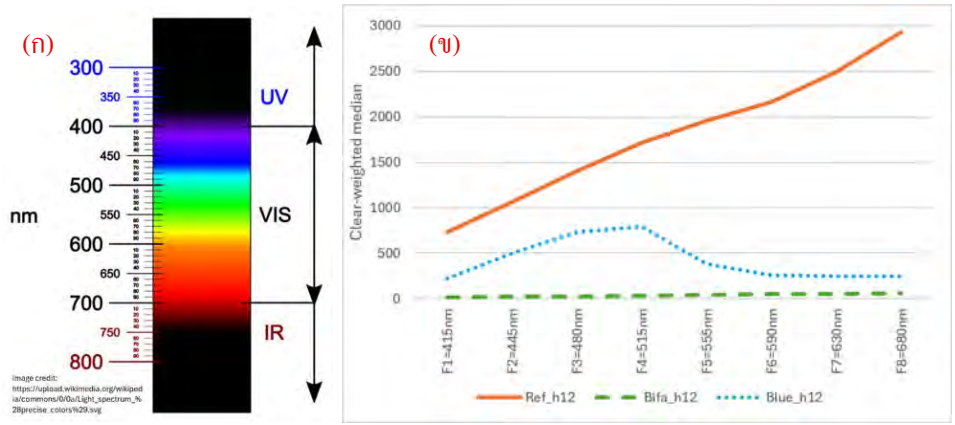
ข้อมูลค่า PAR ภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้าและชนิดสีฟ้า รวมถึงค่าจากเซ็นเซอร์อ้างอิงแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ค่า PAR ของเซ็นเซอร์อ้างอิงมีลักษณะเป็นทรงระฆังคว่ำ โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 1,500 μmol/m²/s ของทั้งสองวัน มีค่าพลังงานสะสมเฉลี่ยประมาณ 41 mol/m²/day ส่วนข้อมูลภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้ามีค่า PAR สูงสุดประมาณ 350 μmol/m²/s ของทั้งสองวัน และมีค่าพลังงานสะสมเฉลี่ยประมาณ 7.5 mol/m²/day ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า PAR ที่จุดอ้างอิงประมาณร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่าแผงชนิดโปร่งแสงบางส่วนช่วยกรองรังสีอาทิตย์ได้ ส่วนข้อมูลภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้ามีค่า PAR สูงสุดประมาณ 7 μmol/m²/s ของทั้งสองวัน และมีค่าพลังงานสะสมเฉลี่ยประมาณ 0.15 mol/m²/day แสดงให้เห็นว่าแสงรังสีอาทิตย์ไม่สามารถส่องผ่านได้

4.2 การเปรียบเทียบค่า Spectrum

ข้อมูลวิเคราะห์ค่าสเปกตรัมใช้ค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์สูงสุดในแต่ละวัน (12.00 น.) ระหว่างวันที่ 6 และ 7 มกราคม พ.ศ. 2569 โดยเปรียบเทียบค่ามัธยฐานถ่วงน้ำหนักความคมชัด (Clear-weighted median) ความยาวคลื่นแสงที่เซ็นเซอร์วัดได้อยู่ในช่วงแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ 380–700 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 (ก) ส่วนในรูปที่ 4 (ข) แสดงความยาวคลื่นแสงของกลุ่มตัวอย่างอ้างอิง (Ref_h12) เปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบ (Bifa_h12) และ (Blue_h12) โดยค่าสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์ที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจวัดได้เป็น 8 ช่วงความยาวคลื่น ได้แก่ F1: 415 nm, F2: 445 nm, F3: 480 nm, F4: 515 nm, F5: 555 nm, F6: 590 nm, F7: 630 nm และ F8: 680 nm



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบค่า PAR ของแต่ละจุด



รูปที่ 4 (ก) การแบ่งช่วงความยาวคลื่นแสงอาทิตย์ และ (ข) การเปรียบเทียบค่า Spectrumของทั้ง 3 กรณี

ข้อมูล ณ จุดอ้างอิง ที่ติดตั้งกลางแจ้งไม่มีเงาบัง แสดงเป็นเส้นทึบสีส้ม เป็นเส้นที่มีค่าความเข้มรังสีสูงที่สุดในทุกความยาวคลื่น (415–680 นาโนเมตร) ที่เซ็นเซอร์วัดได้ มีแนวโน้มของค่ามัธยฐานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นเส้นตรง (Linear Trend) ตามความยาวคลื่นที่สูงขึ้น

ข้อมูลภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้า แสดงด้วยเส้นประสีเขียวที่ค่อนข้างแบนราบและอยู่ในระดับต่ำ (Low Intensity) ในทุก ๆ ย่านความยาวคลื่น (415–680 นาโนเมตร) ซึ่งในกรณีที่พืชอยู่ภายใต้เงาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้านั้น จะไม่สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้โดยตรง ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของพืชลดลง

ข้อมูลภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้า แสดงด้วยเส้นไข่ปลาสีฟ้า แสดงลักษณะการกระจายตัวแบบระฆังคว่ำแบบไม่สมมาตร (Asymmetric Bell-shaped Curve) โดยค่ามัธยฐานมีการไต่ระดับสูงขึ้นจากช่วงคลื่นสั้นและขึ้นสู่จุดสูงสุด (Peak) ในช่วง F4 โดยมีค่ามัธยฐานประมาณ 800 หลังจากนั้นค่าจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง F5 และคงที่อยู่ที่ระดับประมาณ 250 ในช่วงความยาวคลื่นยาว 590–680 nm แสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้าช่วยกรองสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่นแสงสีเหลืองเป็นต้นไป

4.3 การเปรียบเทียบค่า Humidity

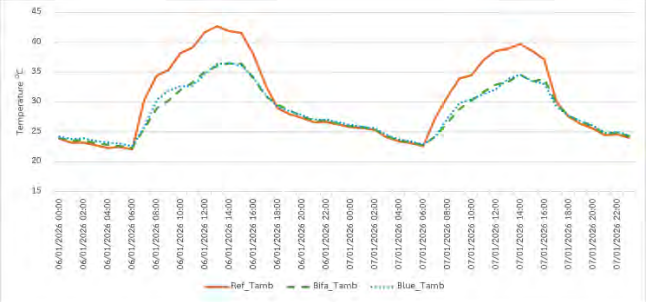
ข้อมูลการเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้าและชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้าเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง แสดงในรูปที่ 5 พบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้ามีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีฟ้า และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของจุดอ้างอิงมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากความเข้มของเงาภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่า Humidity

4.4 การเปรียบเทียบค่า Temperature

ข้อมูลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิแวดล้อมภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้าและชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้าเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง แสดงในรูปที่ 6 พบว่า อุณหภูมิแวดล้อมของจุดอ้างอิงมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิดที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เนื่องจากเซ็นเซอร์ที่จุดอ้างอิงไม่มีเงาบัง



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่า Temperature

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาจุลภาค (Microclimate) ระหว่างพื้นที่กลางแจ้ง (จุดอ้างอิง) พื้นที่ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้า (Bifacial) และพื้นที่ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้า (Blue Semi-transparent Solar Panel) สำหรับประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรกรรมร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ (Agrivoltaics: AgriPV) ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังนี้:

5.1 สรุปผลการทดลอง

- ค่าความเข้มแสง PAR: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้ายอมให้แสงส่องผ่านได้บางส่วน (Semi-transparent) โดยมีค่า PAR ต่ำกว่าจุดอ้างอิงกลางแจ้งประมาณร้อยละ 80 ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสองหน้า แสงรังสีอาทิตย์ไม่สามารถส่องผ่านลงมาใต้แผงได้

- ค่าสเปกตรัมของแสง (Spectrum): แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโปร่งแสงบางส่วนสีฟ้า มีลักษณะการกระจายตัวของสเปกตรัมแบบระฆังคว่ำแบบไม่สมมาตร โดยยอมให้แสงสีฟ้าและสีเขียวผ่านได้ ส่วนแผงชนิดสองหน้ามีค่าความเข้มสเปกตรัมต่ำมากเนื่องจากเป็นแผงทึบแสง

- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity): ในพื้นที่ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิดมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยใกล้เคียงกัน และที่จุดอ้างอิงกลางแจ้งมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มของเงาใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

- อุณหภูมิแวดล้อม (Air Temperature): ภายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองชนิดมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิบริเวณจุดอ้างอิงกลางแจ้ง เนื่องจากได้รับร่มเงาจากแผงช่วยบังแสงแดดโดยตรง ซึ่งช่วยลดความร้อนสะสมในพื้นที่

5.2 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน

- ควรมีการศึกษาผลกระทบทางอุตุนิยมวิทยาจุลภาคนี้อย่างต่อเนื่องในฤดูกาลอื่น ๆ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อค่าพารามิเตอร์และการบังแสงของแผง

- ควรเพิ่มการทดลองปลูกพืชจริงในแต่ละสภาวะใต้แผง เพื่อตรวจวัดและเปรียบเทียบเชิงปริมาณด้านการเจริญเติบโต น้ำหนัก และคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรจริง ทดแทนการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี

- จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าช่วงความยาวคลื่นของแสง รวมถึงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันในแต่ละชนิด ดังนั้น การเลือกชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบ Agrivoltaics ควรพิจารณาคุณสมบัติการส่องผ่านของแสง สเปกตรัมของแสง และสภาพอุตุนิยมวิทยาจุลภาคให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชแต่ละชนิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งการผลิตพลังงานและผลผลิตทางการเกษตร (Bugbee, B., 2016) และ (Kurosaki et al., 2026)

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา ที่อนุเคราะห์ให้ยืมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ BIPV แบบโปร่งแสงบางส่วนชนิดสีฟ้าสำหรับการทดลองนี้

7. เอกสารอ้างอิง

Khele and M.Szabo, (2021). MICROCLIMATIC AND ENERGETIC FEASIBILITY OF AGRIVOLTAIC SYSTEMS: STATE OF THE ART. HUNGARIAN AGRICULTURAL ENGINEERING, (40), 102-115. https://doi.org/10.17676/HAE.2021.40.102

Axel Weselek, Andrea Ehmann, Sabine Zikeli, Iris Lewandowski, Stephan Schindele, Petra Hogy (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. Agronomy for Sustainable Development, 39(4), Article 35. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3

สุทธินันท์ เจริญเสถียรโชค, ทรงเกียรติ กิตติสนธิรักษ์, อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง, และ กอบศักดิ์ ศรีประภา. (2559). การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ถูกใช้ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด BIPV ที่มีสีสันสวยงาม. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12, พิษณุโลก, ประเทศไทย, 2559.

C. Dupraz, H. Marrou, G.Talbot, L. Dufour, A Nogier and Y. Ferard. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimizing land use: Towards new agrivolaic schemes. Renewable Energy, 36(10), 2725-2732. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005

Harshavardhan dinesh and Joshua M. Pearce. (2016). The potential of agrivoltaics system. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 299-308. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024

Bugbee, B. (2016). Toward an optimal spectral quality for plant growth and development: The importance of radiation capture. Acta Horticulturae, (1134), https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.1

Kurosaki, M., Levine, C. P., & Mattson, N. S. (2026). Discrete blue and green light wavebands alter biomass, morphology, and color in lettuce (Lactuca sativa L.). Frontiers in Plant Science, 17, Article 1735363. https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1735363

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง ด้วยการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา : สถานประกอบการแปรรูปลำไยอบแห้งในจังหวัดลำพูน

รัชนีวรรณ สันลาด[1*] จุราพรรณ พิมูลชาติ [2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ (วิศวกรรมการผลิต), คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ที่อยู่ 128 ถ. ห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

E-mail: ratchaneewan.sanlad@gmail.com[1*] jurapun@rmutl.ac.th[2]

บทคัดย่อ

วิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง กรณีศึกษาสถานประกอบการแปรรูปลำไยอบแห้งในจังหวัดลำพูน โดยศึกษากระบวนการผลิตลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ประยุกต์ใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart) เทคนิค Why-Why Analysis หลักการ ECRS และการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม FlexSim เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและประเมินแนวทางการปรับปรุง ผลการวิจัยพบว่าแนวคิดการใช้เครื่องช่วยคัดคุณภาพลำไยอบแห้งเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด สามารถเพิ่มกำลังการผลิตจาก 34,671 กล่อง เป็น 71,547 กล่อง หรือเพิ่มขึ้น ร้อยละ 106.30 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 6,856,809.93 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 370.97% และมีระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน นอกจากนี้ การปรับปรุงกระบวนการบรรจุด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องยังช่วยเพิ่มกำลังการผลิตจาก 50 กล่องต่อวัน เป็น 87 กล่องต่อวัน หรือเพิ่มขึ้น ร้อยละ 42.52

คำสำคัญ: วิเคราะห์ ทำไม-ทำไม, อีซีอาร์เอส, จำลองสถานการณ์, แนวความคิด, กำลังการผลิต,

Abstract

This research aimed to improve the production process of dried longan through a case study of a dried longan processing enterprise in Lamphun Province. The study applied a Flow Process Chart, Why-Why Analysis, the ECRS principle, and FlexSim simulation to analyze production problems and evaluate improvement alternatives. The results indicated that the proposed dried longan sorting machine was the most appropriate solution. The production capacity increased from 34,671 boxes to 71,547 boxes, representing an increase of 106.30%. The economic analysis showed a net present value (NPV) of THB 6,856,809.93, an internal rate of return (IRR) of 370.97%, and a payback period of 3 months. In addition, improving the packaging process using a Flow Process Chart increased the production capacity from 50 boxes/day to 87 boxes/day, representing an increase of 42.52%.

Keywords: Dried longan, Process improvement, Why-Why Analysis, ECRS, FlexSim Simulation

การจำลองการอพยพหนีไฟโดยใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น

ชัยรัตน์ ชูเรือง[1*] สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]

[1] นิสิตปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20230

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20230

Email: chairat.ch@ku.th, supat.p@ku.th Phone numbers: 0994415941, 0638822259

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น ด้วยโปรแกรม Pathfinder และเพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงอาคารคอนโดมิเนียม ให้มีเวลาในการอพยพหนีไฟเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด อาคารที่ใช้ศึกษาคือคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี เป็นอาคาร 8 ชั้น มีความสูง 22.80 เมตร ก่อสร้างเสร็จเมื่อปี 2567 ขนาดพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 7,139.29 ตารางเมตร พื้นที่ครอบครองของอาคารแบ่งเป็นชั้นที่ 1 เป็นแบบ Mixed ระหว่าง Assembly และ Storage ส่วนชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 8 เป็นแบบ Residential คำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101 ได้ 427 คน กำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ทั้งหมด 6 สถานการณ์ จำลองอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder 2024

ผลการจำลองกลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น ทั้งหมด 6 สถานการณ์ พบว่า การอพยพพร้อมกันใช้เวลาในการอพยพน้อยกว่าการทยอยอพยพ และการอพยพต้องใช้บันไดหนีไฟอย่างเดียวห้ามใช้ลิฟท์สัญจรร่วมกับบันไดหนีไฟในการอพยพ เสนอปรับปรุงเพิ่มประตูเชื่อมต่อจากห้อง Co-Working Space ไปยัง Corridor ชั้น 2 เพื่อเพิ่มช่องทางในการหนีไฟไปยังบันไดหนีไฟ Stair 1 และ Stair 2 เพื่อออกไปสู่ภายนอกอาคารได้ และจำกัดผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space คือ 23 คน เพื่อให้สามารถอพยพผู้ใช้อาคารได้ตามระยะเวลา 300 วินาที

คำสำคัญ : Pathfinder; คอนโดมิเนียม; Co-Working Space; อพยพหนีไฟ

FIRE EVACUATION SIMULATION USING PATHFINDER PROGRAM CASE STUDY OF 8-STORY RESIDENTIAL CONDOMINIUM

Chairat Choorueng[1*] Supat Patvichaichod[2]

[1] Master's student, Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering, Sriracha Campus, Kasetsart University, Chonburi 20230.

[2] Assistant Professor, Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering, Sriracha Campus, Kasetsart University, Chonburi 20230.

Email: chairat.ch@ku.th, supat.p@ku.th Phone numbers: 0994415941, 0638822259

Abstract

This research studies fire evacuation strategies using the Pathfinder program, with the objective of simulating fire evacuation in an 8-story condominium building using Pathfinder and to suggest improvements to the condominium building to ensure that the evacuation time meets legal requirements. The study building is an 8-story condominium in Chonburi province, 22.80 meters high, completed in 2024, with a total usable area of 7,139.29 square meters. The building's occupancy is divided into floors 1 (mixed assembly and storage) and floors 2 through 8 (residential). The number of building occupants is calculated according to NFPA 101 standards, totaling 427 people. Six fire scenarios were defined and evacuation was simulated using Pathfinder 2024.

The simulation results of fire evacuation strategies using Pathfinder in the 8-story condominium case, across all six scenarios, showed that simultaneous evacuation takes less time than staggered evacuation, and evacuation must be conducted using only fire escape stairs; elevators should not be used in conjunction with fire escape stairs. We propose adding a connecting door from the Co-Working Space to the 2nd floor corridor to provide additional fire escape routes to Stair 1 and Stair 2, allowing access to the outside of the building. We also propose limiting the number of occupants in the Co-Working Space to 23 people at a time to allow for the necessary 300-second evacuation period.

Keywords: Pathfinder; Condominium; Co-Working Space; Fire Evacuation

บทนำ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ทำให้การใช้ชีวิตของคนไทยเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในเขตที่ที่ดินมีมูลค่าในการซื้อขายสูงๆ ทำให้ต้องมีการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จึงทำให้มีการก่อสร้างอาคารสูงเพื่อใช้เป็นที่พักอาศัย ที่ทำงาน ศูนย์การค้าโรงแรม ซึ่งอาคารสูงส่วนใหญ่มักมีผู้อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก มีการสะสมสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ มีเป็นจำนวนมาก จึงมีความเสี่ยงสูงเมื่อเกิดอัคคีภัย ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ปัจจุบันการเกิดอัคคีภัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและรุนแรงมากขึ้น จากสถิติการเกิดอัคคีภัย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – พ.ศ. 2566 มีอัคคีภัยเกิดขึ้นกว่า 2,000 ครั้ง โดยเฉพาะในอาคารสูง บ้านเรือนที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงมาตรฐานด้านการป้องกันอัคคีภัย และการอพยพหนีไฟไปยังสถานที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีความสำคัญมาก เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอาคารสูงเหมือนในอดีตที่ผ่านมา

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของอาคารคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น เมื่อเกิดกรณีเพลิงไหม้ขึ้น โดยการใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพหนีไฟ โดยทำการจำลองสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในจุดที่มีความเสี่ยง พิจารณาสถานการณ์จำลองตาม NFPA 101 Life Safety Code 2021 [1] ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบตามหลักเกณฑ์จะต้องอพยพคนออกมายังจุดปลอดภัย ภายใน 5 นาที ตามที่กฎหมายกำหนด [2] ผลวิจัยนี้จะทำให้สามารถหาแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ และแผนการอพยพได้ เพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร ต่อไป

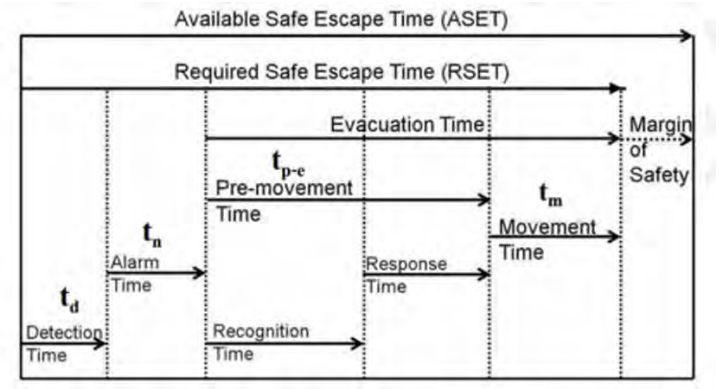
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ทฤษฎี มาตารฐาน เอกสาร ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในงานวิจัย และวิเคราะห์การจำลองเวลาอพยพหนีไฟสำหรับอาคารคอนโดมิเนียม 8 ชั้น สูง 22.80 เมตร ด้วยโปรแกรม Pathfinder version 2026 โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

Fire Triangle สามเหลี่ยมของการเกิดไฟ การที่จะเกิดไฟลุกไหม้ขึ้นได้จะต้องมี องค์ประกอบ 3 ตัวนี้อยู่ด้วยกันขาดตัวใดตัวหนึ่งไม่ได้ คือ 1. เชื้อเพลิง 2. ความร้อน 3. ออกซิเจน เมื่อเกิดไฟลุกไหม้ขึ้น และมีการเกิดไฟอย่างต่อเนื่อง องค์ประกอบของการลุกไหม้อย่างต่อเนื่องซึ่งมีผลทำให้เกิดเพลิงไหม้ เรียกว่า ทฤษฎีปีระมิดของไฟ (Tetrahedron) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 อย่าง การที่จะดับไฟได้นั้น จะต้องเอาองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งออกไป คือ 1. เชื้อเพลิง 2. ความร้อน 3. ออกซิเจน 4. ปฏิกิริยาลูกโซ่

2. ส่วนประกอบของเวลาอพยพหนีไฟ [3]



รูปที่ 1 แผนผังกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเวลาอพยพเปรียบเทียบกับเวลาอพยพที่ปลอดภัยที่มีอยู่

จากรูปที่ 1 สามารถสรุปดังสมการ 1 การหาเวลาในการเข้าถึงความปลอดภัยได้ดังนี้

$$RSET = td + t\,n + t\,p\text{-}e + t\,m \qquad (1)$$

เมื่อ ASET คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ ถึงเวลาที่เกิดสภาวะที่ผู้ใช้อาคารไม่สามารถอยู่ได้ (Untenable conditions) เช่น มีก๊าซพิษเยอะเกินไป มีชั้นของควันที่ต่ำเกินไป มีอุณหภูมิของชั้นควันที่สูงเกินไป ระยะการมองเห็นเสียไป เป็นต้น และผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพไปยังสถานที่ปลอดภัยได้ (point of safety) โดยสามารถหาได้จากหลายวิธี เช่น การทดลอง การคำนวณ การจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย Pyrosim เป็นต้น

RSET คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ ถึงเวลาที่ผู้ใช้อาคารอพยพถึงสถานที่ปลอดภัย (point of safety)

td คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ ถึงระบบตรวจจับอัตโนมัติตรวจจับได้คือมีผู้ใช้อาคารตรวจจับได้โดยเวลาส่วนนี้ขึ้นอยู่กับ “การทำงานของระบบตรวจจับอัตโนมัติและสถานการณ์เพลิงไหม้ (fire scenario) ที่เกิดขึ้น” [Detection time]

t n คือ เวลาตั้งแต่เกิดตรวจจับเพลิงไหม้ได้ ถึงเวลาในการแจ้งเตือนผู้ใช้อาคาร โดยเวลาส่วนนี้อยู่กับ “การทำงานของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ หรือ พฤติกรรมมนุษย์” ถ้าอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้แจ้งเตือนทันทีเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับได้ เวลาส่วนนี้จะเท่ากับศูนย์ ถ้าอุปกรณ์แจ้งเหตุไม่ได้แจ้งทันทีหรือผู้ใช้อาคารเป็นผู้ตรวจจับเพลิงไหม้ได้ อาจจะใช้เวลาหลายนาที [Notification time]

t p-e คือ เวลาตั้งแต่อุปกรณ์แจ้งเหตุทำงานหรือผู้ใช้อาคารที่ได้ตรวจจับเพลิงไหม้ได้ทำการแจ้งเตือนถึงผู้ใช้อาคารที่เหลือเริ่มอพยพ โดยเวลาส่วนนี้ขึ้นอยู่กับ “พฤติกรรมของผู้ใช้อาคารแต่ละคน/กลุ่มคน” แบ่งย่อยได้เป็น 2 ช่วงเวลา คือ “เวลาการรับรู้ (Recognition time) และ เวลาการตอบสนอง (Response time)” [Pre - evacuation time]

t m คือ เวลาตั้งแต่ผู้ใช้อาคารเริ่มอพยพ ถึงผู้ใช้อาคารอพยพถึงสถานที่ปลอดภัย (A place of safety) โดยเวลาส่วนนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น “พฤติกรรมมนุษย์ ความสามารถทางด้านร่างกาย จิตใจ และลักษณะอาคาร เป็นต้น” [Movement time]

3. การประเมินเวลาก่อนการอพยพหนีไฟ (Pre-evacuation time)

ในการประเมินเวลาก่อนการอพยพหนีไฟตามมาตรฐาน PD 7974-6: 2004 Past 6: Human factors: Life safety strategies พิจารณาได้จากองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ คือ

1. ระดับการบริหารจัดการ (Management Level) จะใช้สัญลักษณ์ M1 M2 M3 โดยที่

M1 คือ ผู้ใช้อาคาร (พนักงานและผู้อาศัย) ผ่านการอบรมด้านการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยเป็นอย่างดี

M2 คือ ผู้ใช้อาคาร (พนักงานและผู้อาศัย) ผ่านการอบรมด้านการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยเป็นอย่างดี แต่มีสัดส่วนของพนักงานต่ำกว่า และไม่มีพนักงานประจำชั้นที่ดูแลด้านความปลอดภัยจากอัคคีภัย

M3 คือ มีการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยในขั้นต่ำ ไม่มีการอบรมด้านการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยทั้งพนักงานและผู้อยู่อาศัย

2. ระดับการแจ้งเตือน (Alarm Level) จะใช้สัญลักษณ์ A1 A2 A3 โดยที่

A1 คือ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทั่วทั้งอาคาร และถ้าตรวจจับได้จะแจ้งเหตุไปยังผู้ใช้อาคารทุกคนทันที (General Alarm)

A2 คือ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทั่วทั้งอาคาร และถ้าตรวจจับได้จะแจ้งเหตุไปยังผู้รับผิดชอบตรวจสอบ ก่อนที่จะแจ้งเหตุไปยังผู้ใช้อาคาร

A3 คือ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติแบบเฉพาะที่ (Local automatic detection and alarm) หรือไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติ แต่ติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ

3. ความซับซ้อนของอาคาร (Building complexity) จะใช้สัญลักษณ์ B1 B2 B3 โดยที่

B1 คือ อาคารชั้นเดียวรูปทรงสี่เหลี่ยมแบบง่าย ไม่มีการกั้นแบ่งห้องหรือกั้นแบ่งห้องไม่มาก และมีผังอาคารแบบง่าย

B2 คือ อาคารหลายชั้นแบบง่าย และมีผังอาคารแบบง่าย

B3 คือ อาคารขนาดใหญ่ที่มีผังอาคารแบบซับซ้อน มีการกั้นแบ่งห้องจำนวนมาก ส่งผลให้ผู้ใช้อาคารต้องใช้เวลาในการค้นหาเส้นทางหนีไฟ

ตารางที่ 1 การประเมินเวลาก่อนการอพยพหนีไฟตามมาตรฐาน PD7974-6:2004 [3]

หมวดหมู่สถานการณ์ตัวปรับแต่ง	เวลาที่ผู้ใช้งานอาคารกลุ่มแรกได้ยินสัญญาณเตือนภัย (นาที)	เวลาที่ผู้ใช้งานทุกและคนในอาคารได้ยินเสียงสัญญาณเตือนภัย (นาที)
A: ตื่นตัว และคุ้นเคย		
M1 B1-B2 A1-A2	0.5	1
M2 B1-B2 A1-A2	1	2
M3 B1-B2 A1-A2	>15	>15
สำหรับ B3 ต้องเพิ่มเวลา 0.5 นาที		

4. ทฤษฎีพื้นฐานในการใช้โปรแกรม Pathfinder 2026

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ และการจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ โดยใช้พฤติกรรมการควบคุมบังคับเลี้ยวเพื่อสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมนุษย์ โปรแกรมประกอบไปด้วยโมดูล 3 โมดูล ได้แก่ แบบกราฟฟิก, โปรแกรมแบบจำลองและโปรแกรม 3 มิติ Pathfinder มีตัวเลือกหลัก 2 แบบ สำหรับการเลียนแบบพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมนุษย์ ได้แก่ SFPE Mode และ แบบ Steering Mode

5. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ด้านอัคคีภัยของอาคารสูงที่จะกล่าวในงานวิจัยฉบับนี้ มีดังต่อไปนี้

1. กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความใน พรบ. ควบคุมอาคาร 2522
2. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์เครื่องมือ

1. คอมพิวเตอร์ชนิดพกพา Sony VAIO Intel Core i5-8250U
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office, Pathfinder 2024
3. แบบแปลนอาคารที่ทำการวิจัย
4. มาตรฐานความปลอดภัย NFPA 101, Lift Safety Code ปี 2021

วิธีการ

1. ศึกษาแบบแปลนอาคาร และวิเคราะห์พื้นที่การใช้งานแต่ละชั้น

อาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา มีรายละเอียดอาคารดังนี้

1.1 ข้อมูลอาคารและลักษณะการใช้งาน

อาคารที่ทำการศึกษาเป็นอาคารชุดพักอาศัยแห่งนึงในจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีความสูง 22.80 เมตร มีทั้งสิ้น 8 ชั้น โดยชั้นที่ 1 จะเป็นโถงต้อนรับ ร้านค้า นิติบุคคล ห้องเก็บขยะ และพื้นที่จอดรถ ชั้นที่ 2 จะเป็นห้องพักอาศัย Co-Working Space ห้องประปา และห้องไฟฟ้า ส่วนชั้นที่ 3 เป็นต้นไปจะเป็นห้องพักอาศัย พื้นที่อาคารรวมทั้งสิ้น 7,139.29 ตารางเมตร มีบันไดหนีไฟจำนวน 2 บันได โดยบันไดหนีไฟทั้ง 2 ฝั่งมีขนาดไม่เท่ากัน คือ บันไดหนีไฟหมายเลข 1 อยู่ฝั่งซ้ายของอาคารซึ่งมีขนาดเล็กมีความกว้างของประตูเท่ากับ 1.00 เมตร และความกว้างของบันไดหนีไฟเท่ากับ 1.20 เมตร และบันไดหนีไฟหนีไฟหมายเลข 2 อยู่ฝั่งขวาของอาคารซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า โดยมีความกว้างของประตูเท่ากับ 1 เมตร ความกว้างของบันไดหนีไฟเท่ากับ 1.50 เมตร และมีลิฟท์จำนวน 2 ตัว มีผู้ใช้อาคารทั้งสิ้น 427 คน คำนวณตามมาตรฐาน NFPA 101,Life Safety Code

1.2 พื้นที่การใช้งานอาคาร สามารถแบ่งรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พื้นที่การใช้งานอาคารที่ทำการศึกษา

ชั้น	ขนาดพื้นที่/ชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	ประเภทพื้นที่
1	979.43	979.43	ร้านค้า นิติบุคคล โถงต้อนรับ ห้องเก็บขยะ และพื้นที่จอดรถ
2	789.98	789.98	ห้องพัก Co-Working Space ห้องควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก ห้องไฟฟ้า และห้องประปา
3-8	894.98	5,369.88	ห้องพัก ห้องไฟฟ้า และห้องประปา
รวมพื้นที่อาคารทั้งหมด		7,139.29	

2. การคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

อาคารที่ใช้ในการศึกษาเมื่อวิเคราะห์ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code แล้วพบว่ามีการแบ่งประเภทของกิจกรรมการใช้อาคารออกเป็น ประเภทที่พักอาศัย ชุมนุมคน และจัดเก็บ โดยสามารถวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคารได้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code โดยการหาจำนวนผู้ใช้อาคารซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ของอาคาร และค่าความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) ในการคำนวณจำนวนคนจะต้องทำการคำนวณที่ละชั้นและต้องคำนวณพื้นที่ที่เป็น net aera ก่อนและค่อยคิดพื้นที่ที่เป็น gross aera หาได้จากสมการที่ 2 และจะได้จำนวนผู้ใช้อาคารตามตารางที่ 3

$$\text{จำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load)} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (Aera)}}{\text{ความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)}} \quad (2)$$

เมื่อ Occupant Load คือ จำนวนผู้ใช้อาคารมีหน่วยเป็น คน

Aera คือ ขนาดพื้นที่มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

Occupant Load Factor คือค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตรต่อคน

ตารางที่ 3 จำนวนผู้ใช้อาคารจากการคำนวณตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

ห้อง/พื้นที่	ประเภทกิจกรรมการใช้งานอาคาร	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ค่าความจุของผู้ใช้อาคาร	จำนวนคน
ชั้นที่ 1				
ร้านค้า	Mercantile (Street floor)	50.90	2.8	1
นิติบุคคล	Business	34.56	14	2
โถงต้อนรับ	Assembly (less concentrate)	100.82	1.4 สุทธิ	72
ห้องเก็บขยะ	Storage	40.13	46.5	1
ที่จอดรถ	Storage	464.40	46.5	10
ทางเดิน/บันได/ห้องน้ำ/ลิฟท์		288.62	46.5	6
	สรุปรวมของชั้นที่ 1	979.43		109
	พื้นที่ครอบครองแบบ Mixed ระหว่าง Assembly และ Storage			
ชั้นที่ 2				
ห้องพักอาศัย 1-3	Residential	32	18.6	6
ห้องพักอาศัย 4-8	Residential	26	18.6	5
ห้องพักอาศัย 9-17	Residential	24	18.6	9
Co-Working Space	Assembly	50.71	1.4 สุทธิ	36
ห้อง MDB	Industrial	31.16	9.3	3
ห้องไฟฟ้า	Storage	7.50	46.5	0
ห้องประปา	Storage	3.75	46.5	0
ทางเดิน/บันได/ห้องน้ำ/ลิฟท์		254.84	18.6	19
	สรุปรวมของชั้นที่ 2	789.98		78
	พื้นที่ครอบครองแบบ Residential			

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ห้อง/พื้นที่	ประเภทกิจกรรมการใช้งานอาคาร	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ค่าความจุของผู้ใช้อาคาร	จำนวนคน

ชั้นที่ 3 - 8				
ห้องพักอาศัย 1-3	Residential	32	18.6	6
ห้องพักอาศัย 4-16	Residential	26	18.6	13
ห้องพักอาศัย 17-25	Residential	24	18.6	9
ห้องไฟฟ้า	Storage	9.40	46.5	0
ห้องประปา	Storage	3.90	46.5	0
ทางเดิน/บันได/ห้องน้ำ/ลิฟท์		231.68	18.6	12
	สรุปรวมของชั้นที่ 3-8 ชั้นละพื้นที่ครอบครองแบบ Residential	894.98		40

หมายเหตุ: ชั้น 3-8 มีขนาดพื้นที่และลักษณะห้องคล้ายกัน จึงมีจำนวนผู้ใช้อาคารเท่ากัน

จากการวิเคราะห์ค่าความจุของผู้ใช้อาคาร ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life safety code ของอาคารที่ใช้ในการศึกษา มีจำนวนผู้ใช้งานอาคารทั้งสิ้น 427 คน

3. การวิเคราะห์สมรรถนะของเส้นทางหนีไฟในอาคารตามมาตรฐาน NFPA 101, Life safety code

ทำการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress) และทำการคำนวณความสามารถของส่วนประกอบเส้นทางหนีไฟได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟในอาคารที่ทำการศึกษา

ชั้นที่	จำนวนผู้ใช้งานอาคาร (คน/ชั้น)	จำนวนเส้นทางหนีไฟที่ต้องการ	จำนวนเส้นทางหนีไฟที่มีในอาคาร	ความสามารถในการรองรับผู้ใช้งานอาคาร (คน/ชั้น)	ผลวิเคราะห์
1	109	2	4	1,140	เพียงพอ
2	78	2	2	400	เพียงพอ
3-8	40	2	2	400	เพียงพอ

4. หาสัดส่วนผู้ใช้อาคารโดยใช้สัดส่วนประชากรในจังหวัดชลบุรีเป็นเกณฑ์อ้างอิง

ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนและสัดส่วนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามกลุ่มอายุ และเพศ ในจังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2567

5. การกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้เพื่อจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder

ในการกำหนดรูปแบบการเกิดเพลิงไหม้ อ้างอิงมาตรฐาน NFPA 101, Life safety code จะทำการกำหนดตามลักษณะชนิดของเชื้อเพลิง, การกำบังเชื้อเพลิง, ขนาดของการเกิดเพลิงไหม้และการระบายอากาศ ทั้งนี้เมื่อทำการพิจารณาถึงลักษณะชนิดของเชื้อเพลิง, การเกิดเพลิงไหม้และขนาดของการเกิดเพลิงไหม้ของอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา พบว่าสามารถจำลองการอพยพตามรูปแบบการเกิดเพลิงไหม้ได้ทั้งสิ้น 6 สถานการณ์ ซึ่งอีก 2 สถานการณ์ไม่สามารถนำมาจำลองได้ เนื่องจากอาคารที่ทำการศึกษาไม่เข้าข่ายตามข้อกำหนด ได้แก่ สถานการณ์ที่ 4 และ 7 โดยที่สถานการณ์ที่ 4 ควรใช้กับอาคารที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความร้อน หรือควันไฟ และสถานการณ์ที่ 7 กล่าวถึงพื้นที่ด้านนอกอาคารซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการอพยพในตัวอาคารเป็นต้น โดยรายละเอียดของทั้ง 6 สถานการณ์มีดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 (Fire Scenario 1) เกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ชั้น 3 ผู้พักอาศัยห้องพัก BP1-01 ได้มีการสูบบุหรี่แล้วทิ้งก้นบุหรี่ไว้ภายในห้องเศษไฟจากบุหรี่ไปโดนที่นอนทำให้เกิดการลุกไหม้ ประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ ส่วนประตูห้องอื่น เปิด-ปิด ตามปกติ

สถานการณ์ที่ 2 (Fire Scenario 2) เกิดเหตุไฟฟ้าลัดวงจรทำให้ไฟไหม้ที่ผ้าม่านและที่นอนที่ห้องพัก B2-02 ที่ชั้น 6 ซึ่งประตูห้องได้เปิดค้างไว้อยู่ โดยห้องนี้อยู่ใกล้กับบันไดหนีไฟหมายเลข 2 ซึ่งเมื่อเกิดเหตุขึ้นผู้อพยพจะไม่สามารถหนีไฟลงบันไดหนีไฟดังกล่าวได้ เนื่องจากควันไฟและไฟได้ปิดกั้นช่องทางเดินทำให้ผู้อพยพต้องใช้บันไดหมายเลข 1 ในการอพยพหนีไฟออกจากอาคาร

สถานการณ์ที่ 3 (Fire Scenario 3) เกิดเหตุเพลิงไหม้จากไฟฟ้าลัดวงจรในห้องเก็บขยะที่ชั้น 1 โดยที่ในห้องไม่มีคนอยู่ ส่งผลทำให้เกิดเพลิงไหม้เก้าอี้ที่ไม่ใช้แล้ว 6 ตัว ซ้อนกัน 2 แถว และไฟได้ลุกลามเข้าไปในร้านค้าที่มีคนอยู่มาก ประตูห้องต้นเพลิงถูกปิดอยู่ ห้องอื่น เปิด-ปิด ตามปกติ

สถานการณ์ที่ 4 (Fire Scenario 5) เกิดเหตุเพลิงไหม้กระดาษในถังขยะที่วางอยู่ใต้โต๊ะที่ชั้น 8 ผู้พักอาศัยห้องพัก B2-06M ทำให้การตรวจจับควันไฟของระบบตรวจจับเพลิงไหม้ล่าช้าลง ส่งผลให้เวลาในการอพยพหนีไฟเพิ่มมากขึ้น

สถานการณ์ที่ 5 (Fire Scenario 6) เกิดเหตุเพลิงไหม้น้ำมันเบนซินภายในห้องเก็บของที่ชั้น 1 ซึ่งพนักงานเก็บไว้เติมรถยนต์ทำให้เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูห้องเก็บของเปิดค้างไว้ ประตูทุกห้องในอาคารเปิด-ปิด ตามปกติ และบันไดหนีไฟใช้งานได้ทั้ง 2 บันได

สถานการณ์ที่ 6 (Fire Scenario 8) เกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ชั้น 2 ผู้พักอาศัยห้องพัก BP1-01 เพลิงไหม้โต๊ะทำงานซึ่งเป็นไฟ class A ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ชำรุดเสียหายใช้งานไม่ได้ บันไดหนีไฟทั้ง 2 ข้างใช้งานได้ปกติ

6. สร้างแบบจำลองอาคารที่ใช้ในการศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder

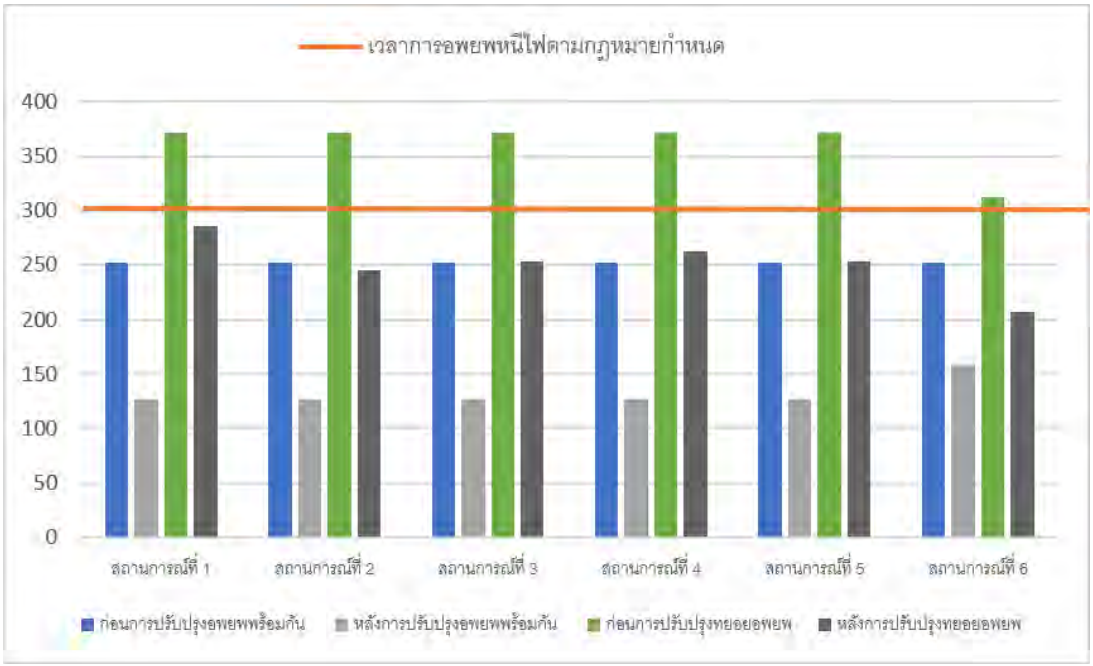
ทำการสร้างแบบจำลองอาคาร 8 ชั้น สร้างโปรไฟล์ผู้ใช้อาคาร กำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร ใส่จำนวนผู้ใช้อาคารแต่ละชั้นตามที่คำนวณได้ จากนั้นทำการจำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยเลือกที่เมนู Simulation แล้วคลิกที่คำสั่ง Run Simulation เมื่อโปรแกรมประมวลผลเสร็จจะแสดงผลลัพธ์ในมุมมอง 3 มิติ

ผลการวิจัย

จากการจำลองการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารในกรณีทยอยอพยพที่เกินกว่าเวลาที่กฎหมายกำหนด จึงต้องปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ หรือหาจำนวนของผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสมกับขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของอาคาร เพื่อให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยดังนี้

วิธีที่ 1 การปรับปรุงออกแบบเส้นทางหนีไฟเพื่อลดเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัย โดยเพิ่มประตูด้านข้างเชื่อมต่อไปยัง Corridor ชั้น 2 เพื่อเพิ่มช่องทางให้ผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ได้ใช้ในการอพยพหนีไฟไปยังบันไดหนีไฟ Stair 1 และ Stair 2 เพื่อออกไปสู่ภายนอกอาคาร หลังจากการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ ทำให้สามารถลดเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารทั้งการอพยพหนีไฟพร้อมกันและการทยอยการอพยพหนีไฟ เข้าสู่จุดที่ปลอดภัย ก่อนที่มีการปรับปรุงการอพยพหนีไฟในกรณีการทยอยอพยพหนีไฟจะมีเวลาที่เกินมาตรฐานกฎหมายกำหนดไว้ ซึ่งหลังมีการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เวลาในการอพยพหนีไฟจะเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดไว้ไม่เกิน 300 วินาทีทั้ง 2 กรณี

วิธีที่ 2 จำกัดจำนวนของผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสมกับผู้ใช้อาคารจริงและให้เหมาะสมกับขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของอาคาร พบว่าการลดจำนวนผู้ใช้ห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสม คือ ลดลงร้อยละ 36 จาก 36 คน เหลือไม่เกิน 23 คน เพื่อให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัย



รูปที่ 2 กราฟเวลาในการอพยพในแต่ละเหตุการณ์ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ

สรุปและอภิปรายผล

จากการจำลองการอพยพหนีไฟออกจากอาคารคอนโดมิเนียม สูง 8 ชั้น ทั้งหมด 6 สถานการณ์ พบว่าผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพออกไปสู่จุดปลอดภัย (ภายนอกอาคาร) ได้ทันภายใน300 วินาที ตามที่กฎหมายกำหนด ไม่ว่าจะเป็นการทยอยอพยพหรือการอพยพพร้อมกัน จึงทำการจำลองการอพยพหนีไฟไปสู่จุดปลอดภัย (บันไดหนีไฟ) และพบว่าในกรณีการทยอยอพยพหนีไฟ ไม่สามารถอพยพได้ทันภายใน 300 วินาที ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งสาเหตุมาจากผู้ใช้อาคารภายในห้อง Co-Working Space ใช้ระยะเวลานานในการออกไปสู่จุดที่ปลอดภัยเนื่องจากมีช่องทางเข้า-ออก ทางเดียวคือ บันไดขึ้นลง ซึ่งทั้งนี้ได้จำลองการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดเวลาในการอพยพหนีไฟ โดยการเพิ่มประตูทางออกอีก 1 ประตูเชื่อมไปยังบันไดหนีไฟ เพื่อเพิ่มช่องทางในการอพยพหนีไฟไปยังจุดที่ปลอดภัยได้รวดเร็วมากขึ้น และสามารถอพยพได้ภายในเวลา 300 วินาที ตามกฎหมายกำหนด

การจำกัดจำนวนผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจริงเป็นอีกวิธีที่สามารถอพยพหนีไฟไปยังจุดปลอดภัยได้ภายในเวลา 300 วินาที ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันที ใช้งบประมาณที่น้อยในการปรับปรุงแก้ไข จึงเป็นวิธีที่สามารถตอบสนองเพื่อเพิ่มความปลอดภัย และลดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟไปยังจุดที่ปลอดภัยให้กับผู้ใช้อาคารได้ทันที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] National Fire Protection Association. (2021). NFPA 101 Life Safety Code, Edition 2021. US

[2] กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555, (2556, 6 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 130 หน้า 24

[3] The application of fire safety engineering principles to fire safety design of building. PD 7974-6: 2004, British Standard

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การออกแบบและวางผังโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์อย่างเป็นระบบ

กีรนา แจ้งเล็ก[1] จิรัฏฐ์ พูลทรัพย์[1] อธิวัฒน์ ลีนะธรรม[1] นฤพล อุปพงษ์[1] และณัฐธยาน์ โสกุล[1*]

[1]สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
110/1-4 ถนนประชาชื่น ทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

* nattaya.sok@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและลดความสูญเปล่าในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานกรณีศึกษาผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก (เตียงเหล็ก และเก้าอี้เหล็ก) เนื่องจากผังโรงงานเดิมประสบปัญหาการจัดวางเครื่องจักรที่ไม่สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการทำงาน ส่งผลให้ระยะทางการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบยาวเกินความจำเป็น เกิดจุดตัดในการไหลของวัสดุ 13 จุด และมีประสิทธิภาพการใช้พื้นที่เพียงร้อยละ 24.67 ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้แนวคิดการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ ร่วมกับตารางความสัมพันธ์ของกิจกรรม เพื่อพัฒนาผังโรงงานทางเลือกจำนวน 3 รูปแบบ จากนั้นทำการคัดเลือกผังโรงงานที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบให้คะแนนรวมถ่วงน้ำหนักร่วมกับผู้ประกอบการ

ผลการวิจัยพบว่า ผังโรงงานทางเลือกที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุด โดยได้รับคะแนนรวมถ่วงน้ำหนักสูงสุดที่ 4.70 คะแนน ซึ่งสามารถปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ สามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ในกระบวนการผลิตเตียงเหล็กลดลงจากเดิม 140.4 เมตร เหลือเพียง 91.4 เมตร (ลดลงร้อยละ 34.90) และกระบวนการผลิตเก้าอี้เหล็กลดลงจากเดิม 101.7 เมตร เหลือเพียง 86.8 เมตร (ลดลงร้อยละ 14.65) ในด้านการไหลของวัสดุสามารถขจัดจุดตัดให้เหลือ 0 จุด (ลดลงร้อยละ 100) และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่จากร้อยละ 24.67 เป็นร้อยละ 50.70 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 26.03) นอกจากนี้การจัดผังใหม่ยังช่วยแยกพื้นที่ที่เกิดประกายไฟออกจากพื้นที่ไวไฟสูง (แผนกพ่นสีและอบสี) ซึ่งช่วยยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม และสร้างพื้นที่ว่างที่สามารถรองรับการขยายกำลังการผลิตในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ การลดความสูญเปล่า

Systematic design and layout of furniture industry factory

Keerana Cheanglek[1] Jirat Phoonsup[1] Athiwat Leenatham[1] Narupon Upapong[1]
and Nattaya Sokul[1*]

[1]Program in Logistics Engineering College of Engineering and Technology Dhurakij Pundit University
110/1-4 Prachachuen Road Laksi, Bangkok, 10210

* nattaya.sok@dpu.ac.th

Abstract

This research aims to enhance production process efficiency and minimize material handling waste within a case study factory specializing in steel furniture manufacturing (specifically steel beds and chairs). The original plant layout faced challenges regarding machine positioning that mismatched the workflow. Consequently, this caused excessively long material transport distances, generated 13 intersection points in the material flow, and achieved a space utilization efficiency of only 24.67%. To address these issues, the Systematic Layout Planning (SLP) concept was applied in conjunction with an activity relationship chart to develop three alternative plant layouts. The most optimal layout was subsequently selected based on a Weighted Score decision-making criteria evaluated in collaboration with the factory entrepreneur.

The research findings revealed that Alternative Layout 2 was the most appropriate configuration, achieving the highest weighted score of 4.70. This optimized layout significantly improved all key performance indicators. Specifically, the material handling distance for the steel bed production process was reduced from 140.4 meters to 91.4 meters (a 34.90% reduction), while the distance for the steel chair production process decreased from 101.7 meters to 86.8 meters (a 14.65% reduction). Regarding material flow efficiency, workflow intersections were completely eliminated to Zero points (a 100% reduction). Furthermore, space utilization efficiency increased from 24.67% to 50.70%, representing a net improvement of 26.03%. In addition, the reconfigured layout effectively segregated spark-generating operations from highly flammable areas (the spray-painting and oven-baking departments), thereby elevating industrial safety standards and successfully creating vacant space to accommodate future production capacity expansions.

Keywords: Systematic Layout Planning, Furniture Industry, Waste Reduction

1. บทนำ

ปัจจุบันตลาดเฟอร์นิเจอร์ของประเทศไทยโดยรวมในปี 2567-2568 มีแนวโน้มขยายตัว 4.5%YoY และ 2.9%YoY ตามลำดับ โดยแบ่งเป็นมูลค่าตลาดเฟอร์นิเจอร์ในประเทศ (70% ของมูลค่าตลาดรวม) คาดจะทยอยฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไปด้วยอัตรา 2.0%YoY และ 2.9%YoY ตามลำดับ ส่วนตลาดการส่งออก (30% ของมูลค่าตลาดรวม) คาดขยายตัวที่ 10.4%YoY และ 2.7%YoY ตามลำดับ (Krungthai COMPASS,2568) โดยสหรัฐอเมริกาเป็นตลาดส่งออกเฟอร์นิเจอร์อันดับ 1 ของไทย ด้วยส่วนแบ่งตลาดราว 48% ในปี 2567 ซึ่งสินค้าหลักที่ไทยส่งออกเป็นเฟอร์นิเจอร์ไม้ (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2569) จากปัจจัยโครงการคอนโดมิเนียม และอสังหาริมทรัพย์ที่มีการปลูกสร้างเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณกรุงเทพฯ ที่มีโครงการขึ้นตามแนวเส้นทางรถไฟฟ้าสายต่างๆ รวมถึงการลงทุนในเขตเศรษฐกิจพิเศษที่จะส่งเสริมให้เกิดการลงทุนในตลาดอสังหาริมทรัพย์เพิ่มขึ้นในภาคตะวันออก อย่างไรก็ตาม การเติบโตดังกล่าวนำมาซึ่งภาวะการแข่งขันที่รุนแรง ผู้ประกอบการจึงไม่สามารถพึ่งพาเพียงการขยายยอดขายได้ แต่ต้องมุ่งเน้นการบริหารจัดการต้นทุนภายในและการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ โดยเฉพาะการออกแบบและวางผังโรงงาน (Plant Layout Design) ซึ่งเป็นหัวใจหลักในการลดระยะเวลาและต้นทุนการดำเนินงานโดยรวม

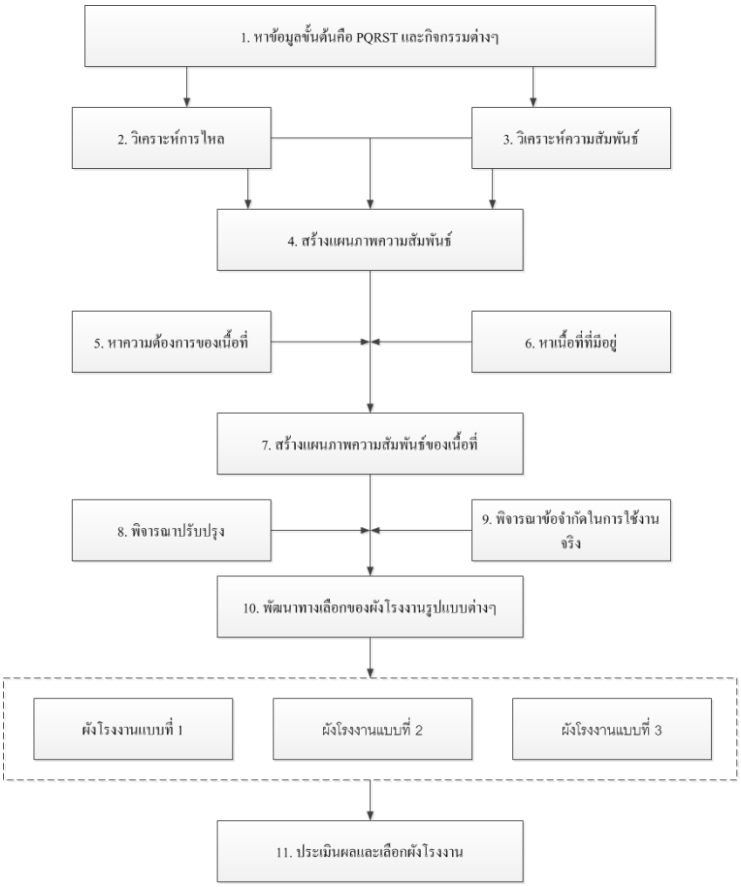
จากการศึกษาโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์กรณีศึกษาซึ่งเป็นอุตสาหกรรมครอบครัว พบว่าการขาดการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ โดยการผลิตเตียงเหล็กมีระยะทางไหลของวัสดุสูงถึง 95 เมตร การผลิตเก้าอี้มีระยะทาง 38.5 เมตร เกิดจุดตัดของการไหลมากถึง 13 จุด และมีประสิทธิภาพการใช้พื้นที่เพียง 12.56% ทางผู้วิจัยจึงนำแนวคิด การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ และจัดลำดับขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ ซึ่งจะช่วยลดระยะทางและเวลาในการขนถ่าย ลดจุดตัดอันตรายในกระบวนการ และยกระดับประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ เพื่อเพิ่มผลิตภาพ และสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่โรงงานกรณีศึกษาอย่างยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบผังโรงงาน เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเพราะเกี่ยวข้องกับงานหลายๆ แผนกที่มีความสัมพันธ์กันมากน้อยแล้วแต่ระบบงาน การออกแบบผังโรงงานที่ไม่ถูกต้องจะทำให้ต้นทุนการผลิตนั้นเพิ่มสูงขึ้น เพราะจะทำให้มีการใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างไม่มีประสิทธิผล การวางผังโรงงานนั้นมีความสำคัญมากในการกำหนดแนวทาง ตำแหน่งของ คน เครื่องจักร วัสดุ และสนับสนุนการผลิต ให้อยู่ในตำแหน่งและพื้นที่ที่เหมาะสม แต่ถ้าจัดวางตำแหน่งเครื่องจักร และอุปกรณ์ไม่เหมาะสม ผลที่ตามมาอาจเกิดความสูญเสียในการทำงาน เช่น เครื่องจักรวางในตำแหน่งไม่ถูกต้องตามหลักทฤษฎี การจัดวางวัตถุดิบหรือบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง คนงานเกิดความสับสนไม่เข้าใจในการทำงาน ผลที่นำอาจอาจจะเกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นได้ การออกแบบวางผังโรงงานให้เหมาะสมกับการใช้งานช่วยให้การใช้พื้นที่โรงงานให้เกิดประโยชน์มากที่สุด การไหลของวัสดุเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ระยะเวลาการผลิตสั้นลงระบบการผลิตเกิดความยืดหยุ่น ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตนั้นลดลง (ภูมภัสส์ กิจกุลหิรัญไชย, 2564)

แนวคิดในการออกแบบผังโรงงานมีแนวคิดหลักอยู่ 4 แนวคิด คือ แนวคิดของแอปเปล (Apple) แนวคิดของรีด(Reed) แนวคิดของคราฟท (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique, CRAFT) และแนวคิด SLP (Systematics Layout Planning Pattern) ของมูเทอร (Muther) (อัษฐพร ไกร

อาบ ปภาวดี ชำนินา และบุญชัย แซ่สิ้ว, 2565) ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematics Layout Planning Pattern: SLP) เป็นวิธีการที่จัดการวางผังโรงงานโดยแบ่งเป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน เพื่อมุ่งเน้นระดับความสัมพันธ์ของกิจกรรม และการไหลของวัสดุให้มีความสมดุลกัน เพื่อยกระดับประสิทธิภาพของการทำงานให้เพิ่มมากขึ้น (สมศักดิ์ ตรีสัตย์, 2535) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ

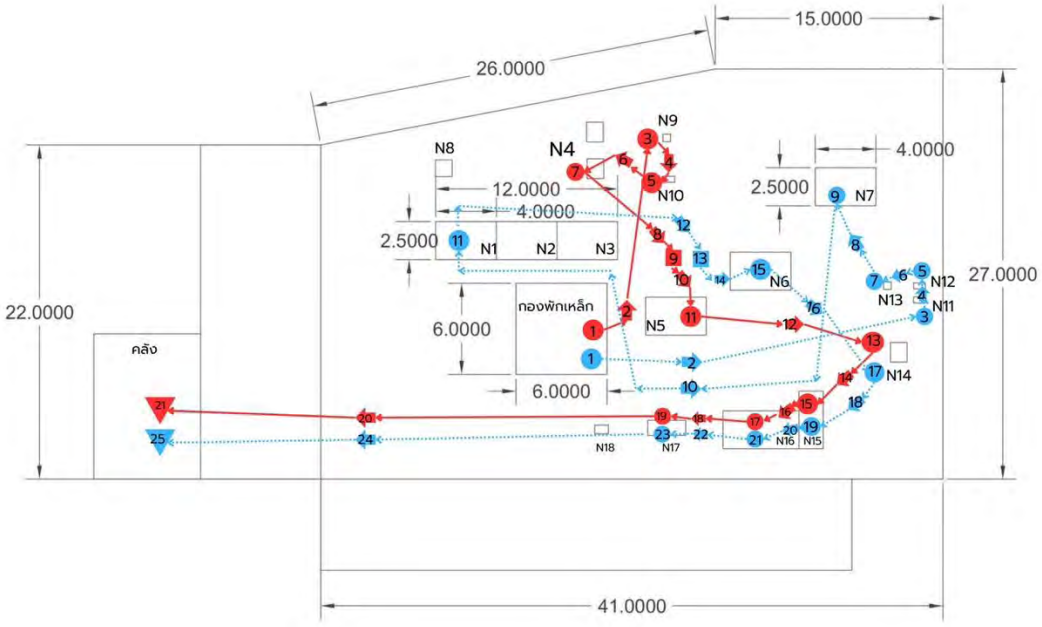
ซึ่งในอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำหลักการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematics Layout Planning Pattern: SLP) ในการปรับปรุงผังโรงงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน เช่น การลดระยะในการเคลื่อนที่ของผู้ปฏิบัติงานในโรงประลองทางวิศวกรรม (กฤต จันทรสมัย อรอุมา ลาสุนนท์ และวิโรช ทัศนะ, 2566) การลดเวลาในการเบิก – จ่าย สินค้าคงคลังในคลังสินค้า (พิชญาภรณ์ เอกศิริ และรัฐยา พรหมหิตาทร, 2562) เป็นต้น

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การสำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการ 2. การสร้างแบบจำลอง 3. การทดลอง และ 4.สรุปและอภิปรายผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสำรวจสภาพปัญหาปัจจุบันของกระบวนการ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ดำเนินธุรกิจการผลิตเตียงเหล็ก และเก้าอี้เหล็กจำหน่ายทั้งปลีกและส่ง โดยแบ่งแผนกในการผลิตออกเป็น 8 แผนก ได้แก่ แผนกเชื่อมแก๊ส แผนกเชื่อม Co_2 แผนกดัดไฟฟ้า แผนกดัด แผนกตัด แผนกเจียร แผนกพ่นสี แผนกอบสี และแผนกแพ็ค ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการไหลของวัตถุดิบในการผลิตเตียงเหล็ก และเก้าอี้ ดังภาพที่ 2



-------- เส้นทึบ คือกระบวนการผลิตเก้าอี้

..... เส้นประ คือกระบวนการผลิตเตียง

ภาพที่ 2 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตเตียงเหล็ก และเก้าอี้ ก่อนปรับปรุง

จากภาพที่ 2 การวิเคราะห์การไหลของวัตถุดิบในการผลิต โดยพื้นที่รวมของโรงงานทั้งหมด 1,039.5 ตารางเมตร พื้นที่การใช้งานจริง 256.3 ตารางเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 24.7% พื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ 783.2 ตารางเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 75.3 % โดยการไหลของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเตียงเหล็ก 140.4 เมตร การไหลของวัตถุดิบในการผลิตเก้าอี้ 101.7 เมตร มีจุดตัดทั้งหมด 13 จุด จากการศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าการวางผังโรงงานในปัจจุบันยังขาดความเหมาะสมต่อกระบวนการผลิต ส่งผลให้การใช้พื้นที่ และการเคลื่อนย้ายวัสดุภายในโรงงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยสามารถวิเคราะห์ประเด็นปัญหาได้ดังนี้

ประการแรก การจัดวางเครื่องจักรและกระบวนการผลิตมีลักษณะซับซ้อนและไม่สอดคล้องกับลำดับการไหลของงาน (Workflow) ส่งผลให้พื้นที่ปฏิบัติงานไม่เป็นสัดส่วนกับพื้นที่จริงที่มีอยู่ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ระหว่างสถานีงานมีระยะทางที่ยาวเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดความสูญเปล่าด้านการขนย้าย (Transportation Waste) และส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม

ประการที่สอง การจัดสรรพื้นที่ภายในโรงงานไม่เป็นไปตามหลักการวางผังโรงงานที่เหมาะสม ทำให้พื้นที่บางส่วนถูกใช้งานหนาแน่น ขณะที่บางพื้นที่ถูกใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน การจัดเก็บวัสดุ และการขยายกำลังการผลิตในอนาคต ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในปัจจุบัน

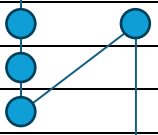
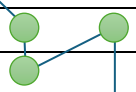
จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการจัดเก็บวัสดุไม่เป็นระบบ ไม่มีการแบ่งประเภทหรือกำหนดตำแหน่งจัดเก็บอย่างชัดเจน ส่งผลให้เกิดการใช้พื้นที่อย่างไม่มีประสิทธิภาพ และเพิ่มระยะเวลาในการค้นหาและหยิบใช้งานวัสดุ ไม่มีการกำหนดทางเดินอย่างชัดเจนพื้นที่ทางเดินสำหรับพนักงาน และการขนย้ายวัสดุไม่มีการกำหนดขอบเขตที่แน่นอน ทำให้เกิดความยากลำบากในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิต อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุภายในโรงงาน

2. การสร้างแบบจำลองผังโรงงาน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้หลักการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematics Layout Planning Pattern: SLP) ในการสร้างแบบจำลองในการวางผังโรงงานของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาทั้งหมด 3 แบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การสร้างแผนภูมิกระบวนการผลิตแบบผลิตภัณฑ์หลายชนิด (Multi-product Process Chart) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเตียงเหล็ก และเก้าอี้เหล็กว่ามีการผ่านกระบวนการผลิตในแผนกใดบ้าง (ลักษพล อุปะทะ, 2558) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนภูมิกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด (Multi Product Process Chart)

กระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์	
	เตียงเหล็ก	เก้าอี้เหล็ก
1.แผนกเครื่องตัด		
2.แผนกดัด		
3.แผนกเจียร		
4.แผนกเชื่อม CO2		
5.แผนกเชื่อมแก๊ส		
6.แผนกพ่นสี		
7.แผนกอบสี		
8.แผนกแพ็ค		

จากตารางที่ 1 พบว่า โรงงานมีผลิตภัณฑ์หลักจำนวน 2 ประเภท ได้แก่ เตียงเหล็กและเก้าอี้เหล็ก ซึ่งมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ไม่มากนัก และมีขั้นตอนกระบวนการผลิตที่คล้ายกัน ดังนั้นรูปแบบการวางผังโรงงานที่เหมาะสมควรเป็นการวางผังแบบตามกระบวนการผลิต (Process Layout) เหมาะกับการผลิตที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งจะช่วยให้การไหลของวัสดุเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ลดระยะทางการเคลื่อนย้าย และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ดียิ่งขึ้น (จารุภา ศิวิลัย และสิริ มั่งคั่ง, 2557) โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้กระบวนการไหลกระบวนการผลิตเตียงเหล็กเป็นหลักเนื่องจากมีระยะการไหลของวัตถุดิบไกลที่สุด มีระยะทางทั้งสิ้น 140.4 เมตร

2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ในการกำหนดระดับความสัมพันธของเครื่องจักรอุปกรณ์ว่ามีความสัมพันธกันในระดับใด โดยคะแนนที่แสดงค่าระดับความสัมพันธ์กำหนดเป็น A, E, I, O, U และ X โดยการหาจำนวนรวมความสัมพันธทั้งหมดจากสมการ ดังนี้ (พรพรหม รุงเรือง และคณะ, 2569)

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \qquad (1)$$

เมื่อ N = จำนวนรวมความสัมพันธ์
n = จำนวนแผนกทั้งหมด

$$N = \frac{9(9-1)}{2} = 36$$

จากการคำนวณจำนวนผลรวมความสัมพันธ์ทั้งหมด เท่ากับ 36 ความสัมพันธ์ ที่เป็นคู่กิจกรรมความสัมพันธ์กัน และทำเกณฑกำหนดระดับความสัมพันธ ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การคำนวณความสัมพันธ์

ระดับ	ความหมาย	เกณฑการกำหนดระดับ	วิธีการกำหนด	จำนวนความสัมพันธ์
A	มีความสัมพันธกันมากที่สุด	2 - 5%	5% x 36	2
E	มีความสัมพันธกันมากพอสมควร	3 - 10%	10% x 36	4
I	มีความสัมพันธกันมาก	5 - 15%	10% x 36	4
O	มีความสัมพันธกันธรรมดา	10 - 25%	10% x 36	4
U	ไมมีความสัมพันธกัน			10
X	ไม่ควรอยู่ใกล้กัน			12
รวมทั้งหมด				36

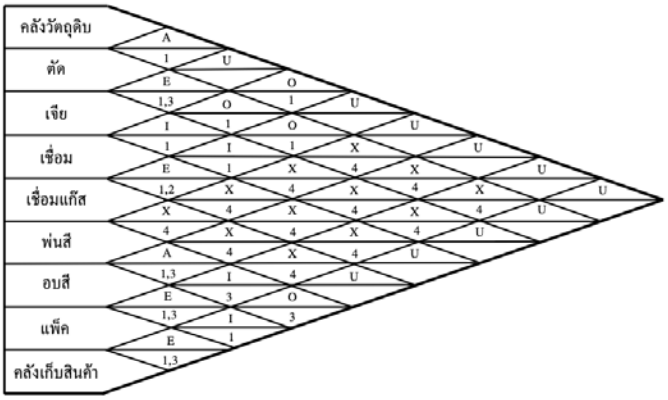
จากตารางที่ 2 แสดงการคำนวณความสัมพันธ์ ระดับ A มีจำนวนความสัมพันธ์ 2 ความสัมพันธ์ ระดับ E มีจำนวนความสัมพันธ์ 4 ความสัมพันธ์ ระดับ I มีจำนวนความสัมพันธ์ 4 ความสัมพันธ์ ระดับ O มีจำนวนความสัมพันธ์ 4 ความสัมพันธ์ ระดับ U มีจำนวนความสัมพันธ์ 10 ความสัมพันธ์ และระดับ X มีจำนวนความสัมพันธ์ 12 ความสัมพันธ์ รวมทั้งหมด 36 ความสัมพันธ์

โดยในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ร่วมประชุมกับทางโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาเพื่อกำหนดเหตุผลในการกำหนดความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เหตุผลในการกำหนดความสัมพันธ์

เหตุผลความสัมพันธ์	ความหมาย
1. น้ำหนักของวัตถุดิบ	วัตถุดิบมีน้ำหนักมาก ขนาดใหญ่ ยากต่อการเคลื่อนย้าย
2. ใช้อุปกรณ์ร่วมกัน	บางแผนกต้องใช้อุปกรณไฟฟ้าร่วมกัน เช่น ปลั๊กพ่วง
3. ใช้พนักงานร่วมกัน	บางแผนกต้องใช้พนักงานคนเดียวกันในการยกผลิตภัณฑ์และควบคุมเครื่องจักร
4. อันตรายจากการเกิดประกายไฟ	ในโรงงานมีเครื่องจักรที่เกิดประกายไฟและวัตถุไวไฟที่ไม่สามารถอยู่ใกล้กันได้

จากตารางที่ 3 การเหตุผลในการกำหนดความสัมพันธ์ ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม ในการหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมในการผลิต กิจกรรมอื่นๆ และรวมถึงสิ่งสนับสนุนการผลิต (ทวิช เติมธนาภรณ์, 2568) ซึ่งได้มีการแบ่งกิจกรรม พร้อมทั้งให้คะแนนระดับความสัมพันธ์ของคู่กิจกรรมแต่ละคู่ เพื่อให้ทราบว่าหน่วยงานใดควรอยู่ใกล้กัน เพื่อกำหนดตำแหน่งในการวางผังโรงงานและลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบให้น้อยลง โดยตัวอักษรเป็นตัวแสดงระดับความสัมพันธ์ ว่าแต่ละกิจกรรมมีความสัมพันธ์มากน้อยแค่ไหน และตัวเลขใช้แสดงเหตุของความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4

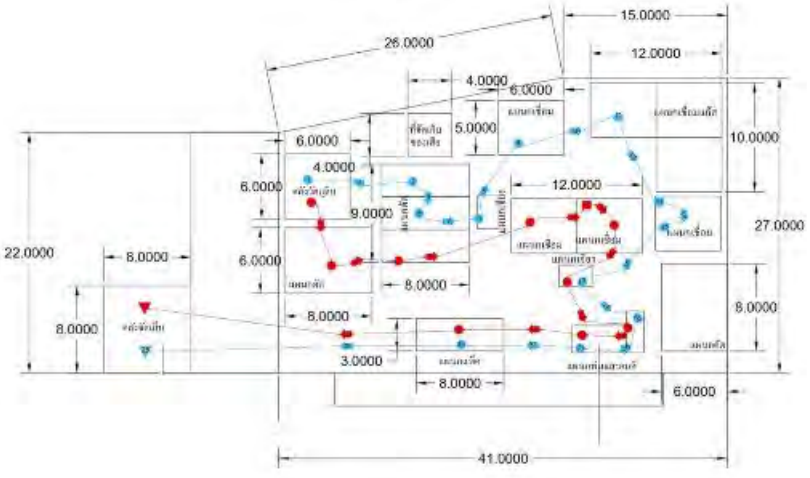


ภาพที่ 4 แผนภูมิความสัมพันธ์กระบวนการผลิต

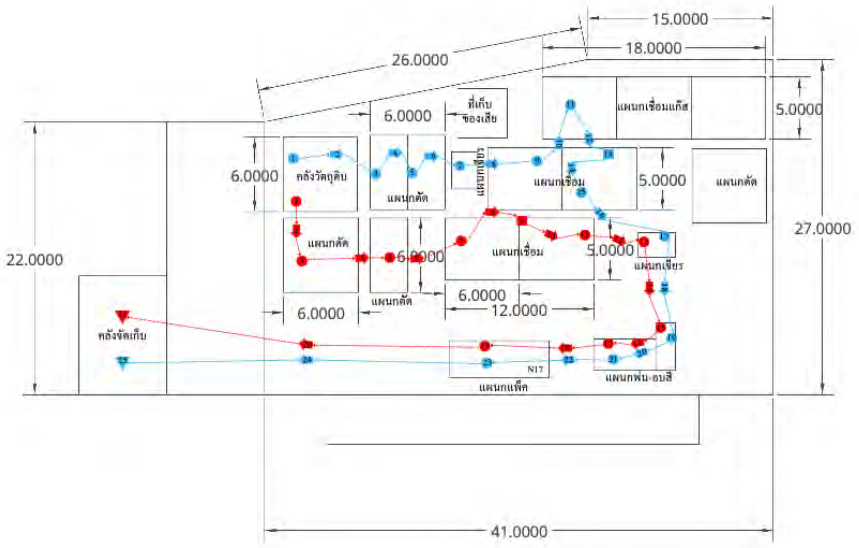
จากภาพที่ 4 แผนภูมิความสัมพันธ์กระบวนการผลิตทั้งหมด 36 ความสัมพันธ์ ระดับ A ใช้เกณฑ์กำหนดความสัมพันธ์ที่ 5% คำนวณได้เป็น 2 คู่ความสัมพันธ์ ได้แก่ คลังวัตถุดิบ-แผนกตัด เหตุผลความสัมพันธ์เนื่องจากวัตถุดิบมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ซึ่งในการขนถ่ายนั้นใช้แรงงานคนในการยกวัตถุดิบ จึงควรออกแบบวางผังโรงงานให้ทั้งสองแผนกนั้นอยู่ใกล้กัน และแผนกพ่นสี-อบสี เหตุผลความสัมพันธ์ ในการควบคุมเครื่องจักรกับคนยกชิ้นงานใช้คนเดียวกัน อีกทั้งยังมีจำนวนและน้ำหนักที่มาก และยังเป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องกัน ต้องระวังในการขนย้าย

2.3 การออกแบบผังโรงงาน

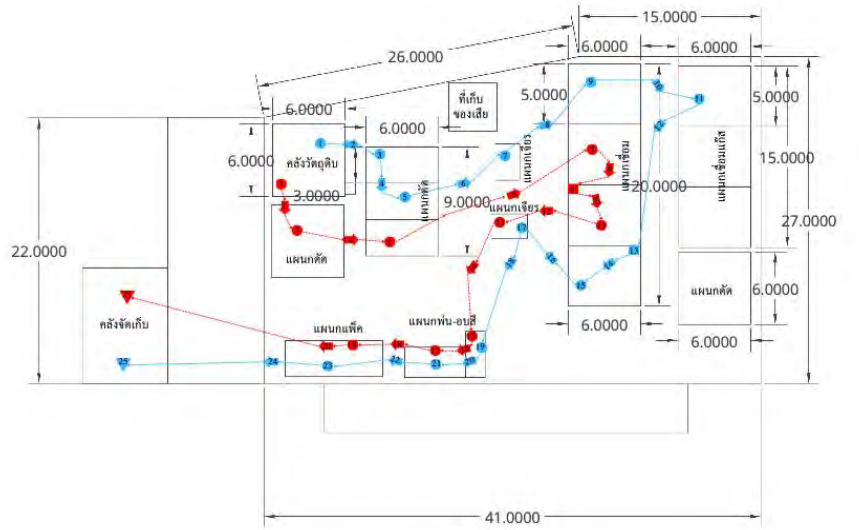
การจัดทำผังโรงงานทางเลือกที่ใช้ในการปรับปรุงผังโรงงานตามมาตรฐานการวางผัง โดยใช้แนวคิดการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (SLP: Systematic Layout Planning) และใช้เหตุผลในการกำหนดการออกแบบผังโรงงาน มีข้อกำหนดดังนี้ 1. น้ำหนักของวัตถุดิบ 2.การใช้อุปกรณ์ร่วมกัน 3.การใช้พนักงานร่วมกัน และ 4.อันตรายจากการเกิดประกายไฟ โดยการวางผังโรงงานมีทั้งหมด 3 แบบ ดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5 การออกแบบผังโรงงานแบบที่ 1 (ก) ผังโรงงานแบบที่ 2 (ข) และผังโรงงานแบบที่ 3 (ค)

จากภาพที่ 5 การออกแบบผังโรงงาน ผู้วิจัยได้ทำการจำลองผังโรงงานทั้งหมด 3 แบบ โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์การทำงานที่แตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบผังโรงงานแบบที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และจัดระเบียบพื้นที่การทำงาน มีข้อกำหนดคือแผนกพ่นสี และแผนกอบสี ถูกกำหนดเป็นพื้นที่ถาวร เนื่องจากข้อจำกัดด้านการติดตั้งระบบและน้ำหนักของเครื่องจักรโดยเริ่มต้นด้วยการย้ายแผนกตัดไปยังบริเวณด้านหน้าโรงงาน เพื่อให้แผนกตัดตั้งอยู่ใกล้กับคลังวัตถุดิบมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการไหลวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต ทำให้การเบิกและการไหลของวัสดุมีความรวดเร็วและคล่องตัวยิ่งขึ้น และได้ย้ายแผนกเชื่อมแก๊ส ไปที่บริเวณด้านบนฝั่งขวาของโรงงาน เพื่อจัดสรรพื้นที่ให้เหมาะสมตามลักษณะกระบวนการทำงานและเพิ่มความปลอดภัย โดยเฉพาะการแยกพื้นที่ที่มีเกิดประกาย ออกจากพื้นที่ไวไฟ และเพื่อการใช้พื้นที่โรงงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสร้างความเป็นระเบียบเรียบร้อย จึงกำหนดให้มีการย้ายเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานทั้งหมดไปจัดเก็บในบริเวณที่ไม่ใช้งาน เพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างในส่วนของสายการผลิตหลัก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการรองรับการขยายตัว หรือการปรับปรุงผังการทำงานอื่นๆ ในอนาคต สามารถสรุปผลลัพธ์ที่ได้ คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ เตียง 109.06 เมตร เก้าอี้ 90.1 เมตร และไม่มีจุดตัด พื้นที่ใช้งาน 527.08 ตารางเมตร (คิดเป็น 50.7%) จากเดิมพื้นที่การใช้งานจริง 256.3 ตารางเมตร (คิดเป็น 24.67%)

การออกแบบผังโรงงานแบบที่ 2 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและจัดระเบียบพื้นที่การทำงาน มีข้อกำหนดคือแผนกพ่นสี และแผนกอบสี ถูกกำหนดเป็นพื้นที่ถาวร เนื่องจากข้อจำกัดด้านการติดตั้งระบบและน้ำหนักของเครื่องจักรโดยเริ่มจากการย้ายแผนกตัดมายังบริเวณด้านหน้าโรงงาน เพื่อให้แผนกตัดตั้งอยู่ใกล้กับคลังวัตถุดิบ ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการขนส่งและความสะดวกในการเบิกวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ยังได้มีการจัดระเบียบของแผนกผลิตให้เป็นกลุ่มตามประเภท โดยจัดแผนกเชื่อมแก๊สไปยังฝั่งขวาบนของโรงงาน และจัดแผนกเชื่อม Co_2 ไว้บริเวณกลางโรงงานเพื่อให้การไหลของกระบวนการคล่องตัวมากขึ้น พร้อมทั้งดำเนินการย้ายเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานทั้งหมดไปจัดเก็บในพื้นที่ที่กำหนดไว้ สำหรับบริเวณที่ไม่ใช้งานเพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างในการทำงาน สามารถสรุปผลลัพธ์ที่ได้ คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ เตียง 91.4 เมตร เก้าอี้ 86.8 เมตร และไม่มีจุดตัด พื้นที่ใช้งาน 527.08 ตารางเมตร (คิดเป็น 50.7%) จากเดิมพื้นที่การใช้งานจริง 256.3 ตารางเมตร (คิดเป็น 24.67%)

การออกแบบผังโรงงานแบบที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและจัดระเบียบพื้นที่การทำงาน โดยเริ่มจากการย้ายแผนกตัดมายังบริเวณด้านหน้าโรงงาน เพื่อให้แผนกตัดตั้งอยู่ใกล้กับคลังวัตถุดิบมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาและขั้นตอนในการขนส่งวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว และได้ย้ายแผนกเชื่อม Co_2 แผนกเชื่อมแก๊สทั้งหมดไปไว้บริเวณด้านข้างโรงงานฝั่งขวา เพื่อจัดพื้นที่ให้เหมาะสมงานกับเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดประกายไฟ แยกออกจากเครื่องจักรที่ไวไฟสูงได้แก่ ห้องอบสี พ่นสี ยังได้มีการจัดระเบียบแผนกการผลิตให้เป็นกลุ่มตามประเภทและขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจน ย้ายเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานทั้งหมดไปจัดเก็บในบริเวณที่ไม่ใช้งาน โดยการออกแบบผังทางเลือกนี้ไม่มีการกำหนดให้เป็นพื้นที่ถาวร เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการปรับปรุงผังโรงงานในอนาคต 3 สามารถสรุปผลลัพธ์ที่ได้คือระยะทางการเคลื่อนที่ เตียง 99.7 เมตร เก้าอี้ 83.2 และไม่มีจุดตัด พื้นที่ใช้งาน 527.08 ตารางเมตร (คิดเป็น 50.7%) จากเดิมพื้นที่การใช้งานจริง 256.3 ตารางเมตร (คิดเป็น 24.67%)

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังโรงงานทางเลือกขึ้นมาทั้งหมด 3 ผังทางเลือก โดยคำนึงถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหา ตามหลักการวางผังอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) และการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ซึ่งสามารถสรุปผลการปรับปรุงผังโรงงานดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการปรับปรุงผังโรงงานทางเลือกทั้ง 3 ผังทางเลือก

ผังโรงงาน	ผังโรงงานปัจจุบัน		ผังทางเลือกที่ 1				ผังทางเลือกที่ 2				ผังทางเลือกที่ 3			
			ผังที่ 1		ลดลง		ผังที่ 2		ลดลง		ผังที่ 3		ลดลง	
	เตียง	เก้าอี้	เตียง	เก้าอี้	เตียง	เก้าอี้	เตียง	เก้าอี้	เตียง	เก้าอี้	เตียง	เก้าอี้	เตียง	เก้าอี้
ระยะทางในการเคลื่อนที่ (เมตร)	140.4	101.7	109.6	90.1	30.8	11.6	91.4	86.8	49	14.9	99.7	83.2	40.7	18.5
การไหลของวัสดุที่ตัดกัน	13	13	0	0	13	13	0	0	13	13	0	0	13	13
ประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ (%)	24.67		50.7		+26.03		50.7		+26.03		50.7		+26.03	

จากตางรางที่ 4.6 ผังโรงงานทางเลือกที่ 2 หลังการปรังปรุงผังโรงงานมีสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบได้มากที่สุด โดยในกระบวนการผลิตเตียงระยะทางลดลง 49 เมตร กระบวนการผลิตเก้าอี้ 14.9 เมตร สามารถแก้ปัญหาจุดตัดการไหลของวัตถุดิบของผังโรงงานปัจจุบัน ถึงแม้เปอร์เซ็นต์การใช้พื้นที่ของทุกผังทางเลือกเพิ่มขึ้น 26.03% แต่เป็นการใช้พื้นที่ที่มีประสิทธิภาพ มีการแบ่งแผนกการทำงานอย่างชัดเจน ทำให้ลดการรอคอย และการทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งผังเดิมการใช้พื้นที่เพียง 24.67% แต่พื้นที่ที่เหลือ 75.33% เป็นพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นพื้นที่วางเศษโลหะโดยไม่มีการจัดวางพื้นที่จัดเก็บอย่างเป็นระเบียบ การวางผังใหม่นั้นแม้พื้นที่การใช้งานจะดูมากขึ้นแต่มีการจัดระเบียบ มีการเพิ่มพื้นที่ในการทำงานแต่ละพื้นที่การทำงาน ซึ่งทำให้พื้นที่ที่เหลือ เป็นพื้นที่ที่ว่างจริงๆ จึงทำให้สามารถรองรับการขยายกำลังการผลิตในอนาคตได้ ซึ่งในการเลือกผังโรงงานในงานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาลำดับความสำคัญของผังโรงงานทั้ง 3 ทางเลือก โดยการสัมภาษณ์เจ้าของกิจการด้วยคะแนนรวมถ่วงน้ำหนัก (Weighted Score) คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการประเมินคูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ เพื่อให้ได้คะแนนสะท้อนความสำคัญที่แท้จริง ทางเลือก โดยพิจารณาจากเกณฑ์ 4 ข้อหลัก ดังตารางที่ 5 และผลการประเมินพิจารณาลำดับความสำคัญของผังโรงงาน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 การกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ (Weight Assignment)

ลำดับ	เกณฑ์การประเมิน	คำอธิบาย	ค่าน้ำหนัก (W)
1	ระยะทางในการเคลื่อนที่	การวางผังที่ช่วยลดระยะทางในการเคลื่อนที่ เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	20
2	การไหลของวัสดุที่ตัดกัน	การวางผังช่วยที่ช่วยลดจุดตัดหรือการไขว้ของเส้นทางการเคลื่อนที่	20
3	ประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่	การใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ	30
4	ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อปรับปรุงผังโรงงาน	30
รวม			**100**

ตางรางที่ 6 คะแนนรวมถ่วงน้ำหนัก (Weighted Score)

ลำดับ	เกณฑ์การประเมิน (j)	ค่าน้ำหนัก (W_j)	คะแนนประเมิน			คะแนนคูณค่าน้ำหนัก		
			ผัง 1	ผัง 2	ผัง 3	ผัง 1	ผัง 2	ผัง 3
1	ระยะทางในการเคลื่อนที่	0.20	3	5	4	0.6	1	0.8
2	การไหลของวัสดุที่ตัดกัน	0.20	5	5	5	1	1	1
3	ประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่	0.30	4	4	4	1.2	1.2	1.2
4	ค่าใช้จ่าย	0.30	4	5	4	1.2	1.5	1.2
รวม		1.00				4.0	4.7	4.2

จากตาราง 6 สามารถสรุปคะแนนรวมถ่วงน้ำหนัก (Weighted Score) จากผลการคำนวณ คะแนนรวมถ่วงน้ำหนักของผังทางเลือกที่ 1 คะแนนรวม 4.0 ผังทางเลือกที่ 2 คะแนนรวม 4.7 ผังทางเลือกที่ 3 คะแนนรวม 4.2 ซึ่งคะแนนรวมถ่วงน้ำหนักของผังทางเลือกที่ 2 มีค่าสูงสุดที่ 4.7 จึงเป็นผังที่ควรเลือกที่สุดตามหลักเกณฑ์การประเมินของเจ้าของกิจการ

5. สรุปและอภิปลายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและลดความสูญเปล่าในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบของโรงงานกรณีศึกษาผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก(เตียง และเก้าอี้) โดยนำแนวคิดการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเกณฑ์การตัดสินใจแบบ

ให้คะแนนรวมถ่วงน้ำหนัก (Weighted Score) จากการศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบันพบว่า ผังโรงงานเดิมมีการจัดวางเครื่องจักรที่ไม่สอดคล้องกับลำดับการไหลของงาน (Workflow) การวิเคราะห์ข้อมูลผังโรงงานเดิม มีปัญหาหลักคือการจัดวางตามความถนัดของพนักงาน ทำให้เกิดระยะทางในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบไกล เส้นทางการเคลื่อนย้ายซ้ำซ้อนกันถึง 13 จุด ไม่มีพื้นที่สำหรับจัดเก็บเศษโลหะ ส่งผลให้กระบวนการผลิตล่าช้าและขาดประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยได้พัฒนาผังโรงงานทางเลือกจำนวน 3 รูปแบบ และจากการประเมินร่วมกับผู้ประกอบการพบว่า ผังโรงงานทางเลือกที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุด โดยได้รับคะแนนรวมถ่วงน้ำหนักสูงสุดที่ 4.70 คะแนน จาก 5.00 คะแนน ซึ่งยกระดับตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (KPIs) ในทุกมิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผังทางเลือกที่ 2 นี้สามารถปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้

1. ด้านระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบ ตามหลักการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบถือเป็นความสูญเปล่าที่ไม่สร้างมูลค่า (Non-Value-Added Transportation Waste) ในผังเดิม แผนกตัดตั้งอยู่ห่างจากคลังวัตถุดิบ ทำให้ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ต้องถูกขนย้ายผ่านสถานีงานอื่น ส่งผลให้เกิดเวลาคอย (Waiting Time) และเพิ่มความล้าให้ผู้ปฏิบัติงาน การปรับผังทางเลือกที่ 2 โดยย้าย แผนกตัดมาไว้บริเวณหน้าโรงงานใกล้คลังวัตถุดิบ ทำให้เกิดการแปรรูปทันที ณ จุดรับวัตถุดิบ ส่งผลให้กระบวนการผลิตเตียงเหล็กลดลงจากเดิม 140.4 เมตร เหลือเพียง 91.4 เมตร (ลดลง 49 เมตร หรือคิดเป็น 34.90%) กระบวนการผลิตเก้าอี้ลดลงจากเดิม 101.7 เมตร เหลือเพียง 86.8 เมตร (ลดลง 14.9 เมตร หรือคิดเป็น 14.65%) ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการไหลของการผลิตให้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2. ด้านจุดตัดการไหลของวัสดุ ปัญหาจุดตัดการไหล 13 จุดในผังเดิม ไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดการขนถ่ายวัสดุติดขัดภายในสายการผลิต แต่ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการชนกันของอุปกรณ์ขนย้าย การวางผังใหม่ทำให้สายการผลิตมีการไหลแบบเส้นตรง/ต่อเนื่อง (Unidirectional / Smooth Flow) จนจุดตัดลดลงเหลือ 0 จุด (ลดลง 100%) ส่งผลให้การไหลของงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและลดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ

3. ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ โรงงานเดิมมีสัดส่วนพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 75.33 เนื่องจากการวางกองเศษเหล็กและเครื่องจักรที่ไม่ใช้งานกระจายอยู่ทั่วโรงงานโดยไร้ทิศทาง การประยุกต์ใช้ SLP และการจัดหมวดหมู่สถานีงาน (Grouping by Operation) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ใช้งานจริงเป็นร้อยละ 50.70 ซึ่งการเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.03 นี้ ไม่ได้ทำให้โรงงานแออัดขึ้น แต่เป็นการจัดระเบียบพื้นที่ให้เป็นสัดส่วน ส่งผลให้พื้นที่ที่เหลืออีกร้อยละ 49.30 กลายเป็นพื้นที่ว่างสะอาด (Usable Vacant Space) ซึ่งพร้อมรองรับการขยายสายการผลิตหรือติดตั้งเครื่องจักรใหม่ ตอบรับกับสภาวะการขยายตัวของตลาดเฟอร์นิเจอร์ในปี 2568–2569 ตามข้อมูลบริบททางเศรษฐกิจ

นอกจากนั้นการย้ายแผนกตัดไปไว้บริเวณด้านหน้าโรงงานใกล้กับคลังวัตถุดิบในผังทางเลือกที่ 2 ช่วยลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุที่มีน้ำหนักมากและมีขนาดใหญ่ได้อย่างชัดเจน ช่วยลดความเหนื่อยล้าของพนักงานและลด "ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้าย" (Transportation Waste) นอกจากนี้ การจัดกลุ่มแผนกเชื่อมแก๊สและเชื่อม Co_2 ให้อยู่แยกจากพื้นที่ไวไฟ (แผนกพ่นสีและอบสี) ไม่เพียงแต่ช่วยให้กระบวนการไหลลื่นและขจัดจุดตัดให้เป็นศูนย์เท่านั้น แต่ยังเป็นการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Safety) ซึ่งแก้ปัญหาพื้นที่หนาแน่นและลดความเสี่ยงในจุดอันตรายตามที่ระบุไว้ในสภาพปัญหาเบื้องต้นได้อย่างตรงจุด

6. เอกสารอ้างอิง

กฤต จันทรสมัย, อรอุมา ลาสุนนท์, และวิโรช ทัศนะ.(2566). การออกแบบและจัดผังโรงประลองทางวิศวกรรมด้วยการวางผังอย่างมีระบบและการวางผังตามกระบวนการผลิต. Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT), 11(1), 54-68.

จารุภา ศิวิลัย และสิริ มั่งคั่ง. (2557). การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบการสร้างเซลล์ในระบบการผลิตแบบเซลลูลาร์ด้วยวิธีพาร์ติเศิล สวอม ออปต์ไมเซชั่น แบบปรับปรุง. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ทวิช เติมธนาภรณ์. (2568). การปรับปรุงผังโรงงานด้วยหลักการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบบ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ. (สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาลัยสยาม.

พิชญาภรณ์ เอกศิริ และรัฐยา พรหมหิตาทร.(2562) การออกแบบและวางผังคลังสินค้าด้วยระบบ Systematic Layout Planning การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ครั้งที่ 4 และการประชุมระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1 "การยกระดับงานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน" 26 - 28 มิถุนายน 2562

ภูมภัสส์ กิจกุลหิรัญไชย. (2564). การปรับปรุงผังโรงงานภายใต้มาตรฐาน GMP กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องสำอาง. (การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.สืบค้นจาก https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2021/TU_2021_6310037236_15615_21324.pdf

ลักษพล อุปะทะ.(2558). การออกแบบและวางผังโรงงานของห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ที.เอ็น.สแตนเลส (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นจาก http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/101/1/12.57405311%20%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%9E%E0%B8%A5%20%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%9B%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B8%B0.pdf

วีระยา ทองเสือ. (2025, 29 ธันวาคม). Analysis and ESG Reports : แนวโน้มธุรกิจเฟอร์นิเจอร์. https://www.krungthai.com

สมศักดิ์ ตรีสัตย.(2535). การออกแบบและวางผังโรงงานพิมพครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ: สมาคมสงเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุน).

พรพรหม รุ่งเรือง,จิราภรณ์ พรมสีใหม่, ฐาปนีย์ อุไรวงษ์, นิรมล พูลสวัสดิ์, ปิยรดา สันติเพชร, และศุภาวรรณ ประมัทถะ. (2569). การปรับปรุงผังการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าของระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานด้วยวิธีการวางผังอย่างเป็นระบบ. Journal of Logistics and Digital Supply Chain Vol. 4 No. 1 January - April 2026 p14-29

อัษฐพร ไกรอาบ, ปภาวดี ชำนินา, และบุญชัย แซ่สิ้ว. (2565). แนวทางการพัฒนาระบบการออกแบบและวางผังโรงงานสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร กรณีศึกษา: โรงงานผลิตปลาหมึกอบกรอบ. RMUTT GLOBAL

BUSINESS AND ECONOMICS REVIEW, ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 : เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2565 หน้า 171 -185

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2568, 9 ตุลาคม). ปี’ 68 ไทยส่งออกเฟอร์นิเจอร์โต 9.3%จากการเร่งนำเข้าของสหรัฐฯ. https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/business/Pages/FURNITURE-EXPORT-CIS3609-KR-2025-10-09.aspx

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การจำลองการอพยพหนีไฟโดยใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น

ชัยรัตน์ ชูเรือง[1*] สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]

[1] นิสิตปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20230

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20230

Email: chairat.ch@ku.th, supat.p@ku.th Phone numbers: 0994415941, 0638822259

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น ด้วยโปรแกรม Pathfinder และเพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงอาคารคอนโดมิเนียม ให้มีเวลาในการอพยพหนีไฟเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด อาคารที่ใช้ศึกษาคือคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี เป็นอาคาร 8 ชั้น มีความสูง 22.80 เมตร ก่อสร้างเสร็จเมื่อปี 2567 ขนาดพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 7,139.29 ตารางเมตร พื้นที่ครอบครองของอาคารแบ่งเป็นชั้นที่ 1 เป็นแบบ Mixed ระหว่าง Assembly และ Storage ส่วนชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 8 เป็นแบบ Residential คำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101 ได้ 427 คน กำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ทั้งหมด 6 สถานการณ์ จำลองอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder 2024

ผลการจำลองกลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น ทั้งหมด 6 สถานการณ์ พบว่า การอพยพพร้อมกันใช้เวลาในการอพยพน้อยกว่าการทยอยอพยพ และการอพยพต้องใช้บันไดหนีไฟอย่างเดียวห้ามใช้ลิฟท์สัญจรร่วมกับบันไดหนีไฟในการอพยพ เสนอปรับปรุงเพิ่มประตูเชื่อมต่อจากห้อง Co-Working Space ไปยัง Corridor ชั้น 2 เพื่อเพิ่มช่องทางในการหนีไฟไปยังบันไดหนีไฟ Stair 1 และ Stair 2 เพื่อออกไปสู่ภายนอกอาคารได้ และจำกัดผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space คือ 23 คน เพื่อให้สามารถอพยพผู้ใช้อาคารได้ตามระยะเวลา 300 วินาที

คำสำคัญ : Pathfinder; คอนโดมิเนียม; Co-Working Space; อพยพหนีไฟ

FIRE EVACUATION SIMULATION USING PATHFINDER PROGRAM CASE STUDY OF 8-STORY RESIDENTIAL CONDOMINIUM

Chairat Choorueng[1*] Supat Patvichaichod[2]

[1] Master's student, Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering, Sriracha Campus, Kasetsart University, Chonburi 20230.

[2] Assistant Professor, Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering, Sriracha Campus, Kasetsart University, Chonburi 20230.

Email: chairat.ch@ku.th, supat.p@ku.th Phone numbers: 0994415941, 0638822259

Abstract

This research studies fire evacuation strategies using the Pathfinder program, with the objective of simulating fire evacuation in an 8-story condominium building using Pathfinder and to suggest improvements to the condominium building to ensure that the evacuation time meets legal requirements. The study building is an 8-story condominium in Chonburi province, 22.80 meters high, completed in 2024, with a total usable area of 7,139.29 square meters. The building's occupancy is divided into floors 1 (mixed assembly and storage) and floors 2 through 8 (residential). The number of building occupants is calculated according to NFPA 101 standards, totaling 427 people. Six fire scenarios were defined and evacuation was simulated using Pathfinder 2024.

The simulation results of fire evacuation strategies using Pathfinder in the 8-story condominium case, across all six scenarios, showed that simultaneous evacuation takes less time than staggered evacuation, and evacuation must be conducted using only fire escape stairs; elevators should not be used in conjunction with fire escape stairs. We propose adding a connecting door from the Co-Working Space to the 2nd floor corridor to provide additional fire escape routes to Stair 1 and Stair 2, allowing access to the outside of the building. We also propose limiting the number of occupants in the Co-Working Space to 23 people at a time to allow for the necessary 300-second evacuation period.

Keywords: Pathfinder; Condominium; Co-Working Space; Fire Evacuation

บทนำ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ทำให้การใช้ชีวิตของคนไทยเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในเขตที่ที่ดินมีมูลค่าในการซื้อขายสูงๆ ทำให้ต้องมีการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จึงทำให้มีการก่อสร้างอาคารสูงเพื่อใช้เป็นที่พักอาศัย ที่ทำงาน ศูนย์การค้าโรงแรม ซึ่งอาคารสูงส่วนใหญ่มักมีผู้อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก มีการสะสมสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ มีเป็นจำนวนมาก จึงมีความเสี่ยงสูงเมื่อเกิดอัคคีภัย ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ปัจจุบันการเกิดอัคคีภัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและรุนแรงมากขึ้น จากสถิติการเกิดอัคคีภัย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – พ.ศ. 2566 มีอัคคีภัยเกิดขึ้นกว่า 2,000 ครั้ง โดยเฉพาะในอาคารสูง บ้านเรือนที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงมาตรฐานด้านการป้องกันอัคคีภัย และการอพยพหนีไฟไปยังสถานที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีความสำคัญมาก เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอาคารสูงเหมือนในอดีตที่ผ่านมา

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของอาคารคอนโดมิเนียมสูง 8 ชั้น เมื่อเกิดกรณีเพลิงไหม้ขึ้น โดยการใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพหนีไฟ โดยทำการจำลองสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในจุดที่มีความเสี่ยง พิจารณาสถานการณ์จำลองตาม NFPA 101 Life Safety Code 2021 [1] ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบตามหลักเกณฑ์จะต้องอพยพคนออกมายังจุดปลอดภัย ภายใน 5 นาที ตามที่กฎหมายกำหนด [2] ผลวิจัยนี้จะทำให้สามารถหาแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ และแผนการอพยพได้ เพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคาร ต่อไป

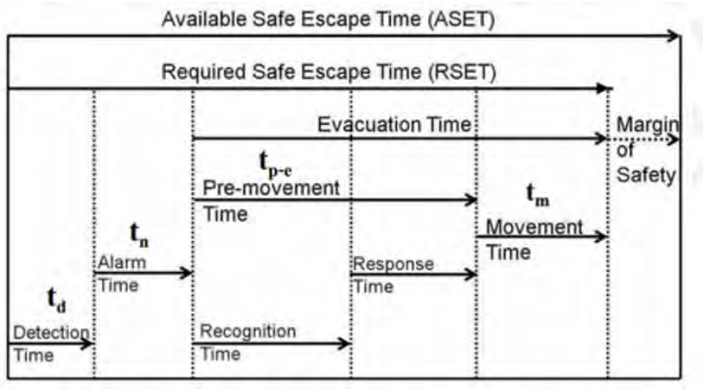
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ทฤษฎี มาตารฐาน เอกสาร ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในงานวิจัย และวิเคราะห์การจำลองเวลาอพยพหนีไฟสำหรับอาคารคอนโดมิเนียม 8 ชั้น สูง 22.80 เมตร ด้วยโปรแกรม Pathfinder version 2026 โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

Fire Triangle สามเหลี่ยมของการเกิดไฟ การที่จะเกิดไฟลุกไหม้ขึ้นได้จะต้องมี องค์ประกอบ 3 ตัวนี้อยู่ด้วยกันขาดตัวใดตัวหนึ่งไม่ได้ คือ 1. เชื้อเพลิง 2. ความร้อน 3. ออกซิเจน เมื่อเกิดไฟลุกไหม้ขึ้น และมีการเกิดไฟอย่างต่อเนื่อง องค์ประกอบของการลุกไหม้อย่างต่อเนื่องซึ่งมีผลทำให้เกิดเพลิงไหม้ เรียกว่า ทฤษฎีปีระมิดของไฟ (Tetrahedron) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 อย่าง การที่จะดับไฟได้นั้น จะต้องเอาองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งออกไป คือ 1. เชื้อเพลิง 2. ความร้อน 3. ออกซิเจน 4. ปฏิกิริยาลูกโซ่

2. ส่วนประกอบของเวลาอพยพหนีไฟ [3]



รูปที่ 1 แผนผังกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเวลาอพยพเปรียบเทียบกับเวลาอพยพที่ปลอดภัยที่มีอยู่

จากรูปที่ 1 สามารถสรุปดังสมการ 1 การหาเวลาในการเข้าถึงความปลอดภัยได้ดังนี้

$$RSET = td + t\,n + t\,p\text{-}e + t\,m \qquad (1)$$

เมื่อ ASET คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ ถึงเวลาที่เกิดสภาวะที่ผู้ใช้อาคารไม่สามารถอยู่ได้ (Untenable conditions) เช่น มีก๊าซพิษเยอะเกินไป มีชั้นของควันที่ต่ำเกินไป มีอุณหภูมิของชั้นควันที่สูงเกินไป ระยะการมองเห็นเสียไป เป็นต้น และผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพไปยังสถานที่ปลอดภัยได้ (point of safety) โดยสามารถหาได้จากหลายวิธี เช่น การทดลอง การคำนวณ การจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย Pyrosim เป็นต้น

RSET คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ ถึงเวลาที่ผู้ใช้อาคารอพยพถึงสถานที่ปลอดภัย (point of safety)

td คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเพลิงไหม้ ถึงระบบตรวจจับอัตโนมัติตรวจจับได้คือมีผู้ใช้อาคารตรวจจับได้โดยเวลาส่วนนี้ขึ้นอยู่กับ “การทำงานของระบบตรวจจับอัตโนมัติและสถานการณ์เพลิงไหม้ (fire scenario) ที่เกิดขึ้น” [Detection time]

t n คือ เวลาตั้งแต่เกิดตรวจจับเพลิงไหม้ได้ ถึงเวลาในการแจ้งเตือนผู้ใช้อาคาร โดยเวลาส่วนนี้อยู่กับ “การทำงานของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ หรือ พฤติกรรมมนุษย์” ถ้าอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้แจ้งเตือนทันทีเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับได้ เวลาส่วนนี้จะเท่ากับศูนย์ ถ้าอุปกรณ์แจ้งเหตุไม่ได้แจ้งทันทีหรือผู้ใช้อาคารเป็นผู้ตรวจจับเพลิงไหม้ได้ อาจจะใช้เวลาหลายนาที [Notification time]

t p-e คือ เวลาตั้งแต่อุปกรณ์แจ้งเหตุทำงานหรือผู้ใช้อาคารที่ได้ตรวจจับเพลิงไหม้ได้ทำการแจ้งเตือนถึงผู้ใช้อาคารที่เหลือเริ่มอพยพ โดยเวลาส่วนนี้ขึ้นอยู่กับ “พฤติกรรมของผู้ใช้อาคารแต่ละคน/กลุ่มคน” แบ่งย่อยได้เป็น 2 ช่วงเวลา คือ “เวลาการรับรู้ (Recognition time) และ เวลาการตอบสนอง (Response time)” [Pre - evacuation time]

t m คือ เวลาตั้งแต่ผู้ใช้อาคารเริ่มอพยพ ถึงผู้ใช้อาคารอพยพถึงสถานที่ปลอดภัย (A place of safety) โดยเวลาส่วนนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น “พฤติกรรมมนุษย์ ความสามารถทางด้านร่างกาย จิตใจ และลักษณะอาคาร เป็นต้น” [Movement time]

3. การประเมินเวลาก่อนการอพยพหนีไฟ (Pre-evacuation time)

ในการประเมินเวลาก่อนการอพยพหนีไฟตามมาตรฐาน PD 7974-6: 2004 Past 6: Human factors: Life safety strategies พิจารณาได้จากองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ คือ

1. ระดับการบริหารจัดการ (Management Level) จะใช้สัญลักษณ์ M1 M2 M3 โดยที่

M1 คือ ผู้ใช้อาคาร (พนักงานและผู้อาศัย) ผ่านการอบรมด้านการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยเป็นอย่างดี

M2 คือ ผู้ใช้อาคาร (พนักงานและผู้อาศัย) ผ่านการอบรมด้านการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยเป็นอย่างดี แต่มีสัดส่วนของพนักงานต่ำกว่า และไม่มีพนักงานประจำชั้นที่ดูแลด้านความปลอดภัยจากอัคคีภัย

M3 คือ มีการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยในขั้นต่ำ ไม่มีการอบรมด้านการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยทั้งพนักงานและผู้อยู่อาศัย

2. ระดับการแจ้งเตือน (Alarm Level) จะใช้สัญลักษณ์ A1 A2 A3 โดยที่

A1 คือ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทั่วทั้งอาคาร และถ้าตรวจจับได้จะแจ้งเหตุไปยังผู้ใช้อาคารทุกคนทันที (General Alarm)

A2 คือ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทั่วทั้งอาคาร และถ้าตรวจจับได้จะแจ้งเหตุไปยังผู้รับผิดชอบตรวจสอบ ก่อนที่จะแจ้งเหตุไปยังผู้ใช้อาคาร

A3 คือ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติแบบเฉพาะที่ (Local automatic detection and alarm) หรือไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติ แต่ติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ

3. ความซับซ้อนของอาคาร (Building complexity) จะใช้สัญลักษณ์ B1 B2 B3 โดยที่

B1 คือ อาคารชั้นเดียวรูปทรงสี่เหลี่ยมแบบง่าย ไม่มีการกั้นแบ่งห้องหรือกั้นแบ่งห้องไม่มาก และมีผังอาคารแบบง่าย

B2 คือ อาคารหลายชั้นแบบง่าย และมีผังอาคารแบบง่าย

B3 คือ อาคารขนาดใหญ่ที่มีผังอาคารแบบซับซ้อน มีการกั้นแบ่งห้องจำนวนมาก ส่งผลให้ผู้ใช้อาคารต้องใช้เวลาในการค้นหาเส้นทางหนีไฟ

ตารางที่ 1 การประเมินเวลาก่อนการอพยพหนีไฟตามมาตรฐาน PD7974-6:2004 [3]

หมวดหมู่สถานการณ์ตัวปรับแต่ง	เวลาที่ผู้ใช้งานอาคารกลุ่มแรกได้ยินสัญญาณเตือนภัย (นาที)	เวลาที่ผู้ใช้งานทุกและคนในอาคารได้ยินเสียงสัญญาณเตือนภัย (นาที)
A: ตื่นตัว และคุ้นเคย		
M1 B1-B2 A1-A2	0.5	1
M2 B1-B2 A1-A2	1	2
M3 B1-B2 A1-A2	>15	>15
สำหรับ B3 ต้องเพิ่มเวลา 0.5 นาที		

4. ทฤษฎีพื้นฐานในการใช้โปรแกรม Pathfinder 2026

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ และการจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ โดยใช้พฤติกรรมการควบคุมบังคับเลี้ยวเพื่อสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมนุษย์ โปรแกรมประกอบไปด้วยโมดูล 3 โมดูล ได้แก่ แบบกราฟฟิก, โปรแกรมแบบจำลอง และโปรแกรม 3 มิติ Pathfinder มีตัวเลือกหลัก 2 แบบ สำหรับการเลียนแบบพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมนุษย์ ได้แก่ SFPE Mode และ แบบ Steering Mode

5. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ด้านอัคคีภัยของอาคารสูงที่จะกล่าวในงานวิจัยฉบับนี้ มีดังต่อไปนี้

1. กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความใน พรบ. ควบคุมอาคาร 2522
2. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์เครื่องมือ

1. คอมพิวเตอร์ชนิดพกพา Sony VAIO Intel Core i5-8250U
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office, Pathfinder 2024
3. แบบแปลนอาคารที่ทำการวิจัย
4. มาตรฐานความปลอดภัย NFPA 101, Lift Safety Code ปี 2021

วิธีการ

1. ศึกษาแบบแปลนอาคาร และวิเคราะห์พื้นที่การใช้งานแต่ละชั้น

อาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา มีรายละเอียดอาคารดังนี้

1.1 ข้อมูลอาคารและลักษณะการใช้งาน

อาคารที่ทำการศึกษาเป็นอาคารชุดพักอาศัยแห่งนึงในจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีความสูง 22.80 เมตร มีทั้งสิ้น 8 ชั้น โดยชั้นที่ 1 จะเป็นโถงต้อนรับ ร้านค้า นิติบุคคล ห้องเก็บขยะ และพื้นที่จอดรถ ชั้นที่ 2 จะเป็นห้องพักอาศัย Co-Working Space ห้องประปา และห้องไฟฟ้า ส่วนชั้นที่ 3 เป็นต้นไปจะเป็นห้องพักอาศัย พื้นที่อาคารรวมทั้งสิ้น 7,139.29 ตารางเมตร มีบันไดหนีไฟจำนวน 2 บันได โดยบันไดหนีไฟทั้ง 2 ฝั่งมีขนาดไม่เท่ากัน คือ บันไดหนีไฟหมายเลข 1 อยู่ฝั่งซ้ายของอาคารซึ่งมีขนาดเล็กมีความกว้างของประตูเท่ากับ 1.00 เมตร และความกว้างของบันไดหนีไฟเท่ากับ 1.20 เมตร และบันไดหนีไฟหนีไฟหมายเลข 2 อยู่ฝั่งขวาของอาคารซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า โดยมีความกว้างของประตูเท่ากับ 1 เมตร ความกว้างของบันไดหนีไฟเท่ากับ 1.50 เมตร และมีลิฟท์จำนวน 2 ตัว มีผู้ใช้อาคารทั้งสิ้น 427 คน คำนวณตามมาตรฐาน NFPA 101,Life Safety Code

1.2 พื้นที่การใช้งานอาคาร สามารถแบ่งรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พื้นที่การใช้งานอาคารที่ทำการศึกษา

ชั้น	ขนาดพื้นที่/ชั้น (ตารางเมตร)	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	ประเภทพื้นที่
1	979.43	979.43	ร้านค้า นิติบุคคล โถงต้อนรับ ห้องเก็บขยะ และพื้นที่จอดรถ
2	789.98	789.98	ห้องพัก Co-Working Space ห้องควบคุมระบบไฟฟ้าหลัก ห้องไฟฟ้า และห้องประปา
3-8	894.98	5,369.88	ห้องพัก ห้องไฟฟ้า และห้องประปา
รวมพื้นที่อาคารทั้งหมด		7,139.29	

2. การคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

อาคารที่ใช้ในการศึกษาเมื่อวิเคราะห์ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code แล้วพบว่ามีการแบ่งประเภทของกิจกรรมการใช้อาคารออกเป็น ประเภทที่พักอาศัย ชุมนุมคน และจัดเก็บ โดยสามารถวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคารได้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code โดยการหาจำนวนผู้ใช้อาคารซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ของอาคาร และค่าความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) ในการคำนวณจำนวนคนจะต้องทำการคำนวณที่ละชั้นและต้องคำนวณพื้นที่ที่เป็น net aera ก่อนและค่อยคิดพื้นที่ที่เป็น gross aera หาได้จากสมการที่ 2 และจะได้จำนวนผู้ใช้อาคารตามตารางที่ 3

$$\text{จำนวนผู้ใช้อาคาร (Occupant Load)} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (Aera)}}{\text{ความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor)}} \quad (2)$$

เมื่อ Occupant Load คือ จำนวนผู้ใช้อาคารมีหน่วยเป็น คน

Aera คือ ขนาดพื้นที่มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

Occupant Load Factor คือค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตรต่อคน

ตารางที่ 3 จำนวนผู้ใช้อาคารจากการคำนวณตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

ห้อง/พื้นที่	ประเภทกิจกรรมการใช้งานอาคาร	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ค่าความจุของผู้ใช้อาคาร	จำนวนคน
ชั้นที่ 1				
ร้านค้า	Mercantile (Street floor)	50.90	2.8	1
นิติบุคคล	Business	34.56	14	2
โถงต้อนรับ	Assembly (less concentrate)	100.82	1.4 สุทธิ	72
ห้องเก็บขยะ	Storage	40.13	46.5	1
ที่จอดรถ	Storage	464.40	46.5	10
ทางเดิน/บันได/ห้องน้ำ/ลิฟท์		288.62	46.5	6
	สรุปรวมของชั้นที่ 1	979.43		109
	พื้นที่ครอบครองแบบ Mixed ระหว่าง Assembly และ Storage			
ชั้นที่ 2				
ห้องพักอาศัย 1-3	Residential	32	18.6	6
ห้องพักอาศัย 4-8	Residential	26	18.6	5
ห้องพักอาศัย 9-17	Residential	24	18.6	9
Co-Working Space	Assembly	50.71	1.4 สุทธิ	36
ห้อง MDB	Industrial	31.16	9.3	3
ห้องไฟฟ้า	Storage	7.50	46.5	0
ห้องประปา	Storage	3.75	46.5	0
ทางเดิน/บันได/ห้องน้ำ/ลิฟท์		254.84	18.6	19
	สรุปรวมของชั้นที่ 2	789.98		78
	พื้นที่ครอบครองแบบ Residential			

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ห้อง/พื้นที่	ประเภทกิจกรรมการใช้งานอาคาร	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	ค่าความจุของผู้ใช้อาคาร	จำนวนคน

ชั้นที่ 3 - 8				
ห้องพักอาศัย 1-3	Residential	32	18.6	6
ห้องพักอาศัย 4-16	Residential	26	18.6	13
ห้องพักอาศัย 17-25	Residential	24	18.6	9
ห้องไฟฟ้า	Storage	9.40	46.5	0
ห้องประปา	Storage	3.90	46.5	0
ทางเดิน/บันได/ห้องน้ำ/ลิฟท์		231.68	18.6	12
	สรุปรวมของชั้นที่ 3-8 ชั้นละพื้นที่ครอบครองแบบ Residential	894.98		40

หมายเหตุ: ชั้น 3-8 มีขนาดพื้นที่และลักษณะห้องคล้ายกัน จึงมีจำนวนผู้ใช้อาคารเท่ากัน

จากการวิเคราะห์ค่าความจุของผู้ใช้อาคาร ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life safety code ของอาคารที่ใช้ในการศึกษา มีจำนวนผู้ใช้งานอาคารทั้งสิ้น 427 คน

3. การวิเคราะห์สมรรถนะของเส้นทางหนีไฟในอาคารตามมาตรฐาน NFPA 101, Life safety code

ทำการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ (Capacity of Means of Egress) และทำการคำนวณความสามารถของส่วนประกอบเส้นทางหนีไฟได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟในอาคารที่ทำการศึกษา

ชั้นที่	จำนวนผู้ใช้งานอาคาร (คน/ชั้น)	จำนวนเส้นทางหนีไฟที่ต้องการ	จำนวนเส้นทางหนีไฟที่มีในอาคาร	ความสามารถในการรองรับผู้ใช้งานอาคาร (คน/ชั้น)	ผลวิเคราะห์
1	109	2	4	1,140	เพียงพอ
2	78	2	2	400	เพียงพอ
3-8	40	2	2	400	เพียงพอ

4. หาสัดส่วนผู้ใช้อาคารโดยใช้สัดส่วนประชากรในจังหวัดชลบุรีเป็นเกณฑ์อ้างอิง

ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนและสัดส่วนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามกลุ่มอายุ และเพศ ในจังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2567

5. การกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้เพื่อจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder

ในการกำหนดรูปแบบการเกิดเพลิงไหม้ อ้างอิงมาตรฐาน NFPA 101, Life safety code จะทำการกำหนดตามลักษณะชนิดของเชื้อเพลิง, การกำบังเชื้อเพลิง, ขนาดของการเกิดเพลิงไหม้และการระบายอากาศ ทั้งนี้เมื่อทำการพิจารณาถึงลักษณะชนิดของเชื้อเพลิง, การเกิดเพลิงไหม้และขนาดของการเกิดเพลิงไหม้ของอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา พบว่าสามารถจำลองการอพยพตามรูปแบบการเกิดเพลิงไหม้ได้ทั้งสิ้น 6 สถานการณ์ ซึ่งอีก 2 สถานการณ์ไม่สามารถนำมาจำลองได้ เนื่องจากอาคารที่ทำการศึกษาไม่เข้าข่ายตามข้อกำหนด ได้แก่ สถานการณ์ที่ 4 และ 7 โดยที่สถานการณ์ที่ 4 ควรใช้กับอาคารที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความร้อน หรือควันไฟ และสถานการณ์ที่ 7 กล่าวถึงพื้นที่ด้านนอกอาคารซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการอพยพในตัวอาคารเป็นต้น โดยรายละเอียดของทั้ง 6 สถานการณ์มีดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 (Fire Scenario 1) เกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ชั้น 3 ผู้พักอาศัยห้องพัก BP1-01 ได้มีการสูบบุหรี่แล้วทิ้งก้นบุหรี่ไว้ภายในห้องเศษไฟจากบุหรี่ไปโดนที่นอนทำให้เกิดการลุกไหม้ ประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ ส่วนประตูห้องอื่น เปิด-ปิด ตามปกติ

สถานการณ์ที่ 2 (Fire Scenario 2) เกิดเหตุไฟฟ้าลัดวงจรทำให้ไฟไหม้ที่ผ้าม่านและที่นอนที่ห้องพัก B2-02 ที่ชั้น 6 ซึ่งประตูห้องได้เปิดค้างไว้อยู่ โดยห้องนี้อยู่ใกล้กับบันไดหนีไฟหมายเลข 2 ซึ่งเมื่อเกิดเหตุขึ้นผู้อพยพจะไม่สามารถหนีไฟลงบันไดหนีไฟดังกล่าวได้ เนื่องจากควันไฟและไฟได้ปิดกั้นช่องทางเดินทำให้ผู้อพยพต้องใช้บันไดหมายเลข 1 ในการอพยพหนีไฟออกจากอาคาร

สถานการณ์ที่ 3 (Fire Scenario 3) เกิดเหตุเพลิงไหม้จากไฟฟ้าลัดวงจรในห้องเก็บขยะที่ชั้น 1 โดยที่ในห้องไม่มีคนอยู่ ส่งผลทำให้เกิดเพลิงไหม้เก้าอี้ที่ไม่ใช้แล้ว 6 ตัว ซ้อนกัน 2 แถว และไฟได้ลุกลามเข้าไปในร้านค้าที่มีคนอยู่มาก ประตูห้องต้นเพลิงถูกปิดอยู่ ห้องอื่น เปิด-ปิด ตามปกติ

สถานการณ์ที่ 4 (Fire Scenario 5) เกิดเหตุเพลิงไหม้กระดาษในถังขยะที่วางอยู่ใต้โต๊ะที่ชั้น 8 ผู้พักอาศัยห้องพัก B2-06M ทำให้การตรวจจับควันไฟของระบบตรวจจับเพลิงไหม้ล่าช้าลง ส่งผลให้เวลาในการอพยพหนีไฟเพิ่มมากขึ้น

สถานการณ์ที่ 5 (Fire Scenario 6) เกิดเหตุเพลิงไหม้น้ำมันเบนซินภายในห้องเก็บของที่ชั้น 1 ซึ่งพนักงานเก็บไว้เติมรถยนต์ทำให้เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูห้องเก็บของเปิดค้างไว้ ประตูทุกห้องในอาคารเปิด-ปิด ตามปกติ และบันไดหนีไฟใช้งานได้ทั้ง 2 บันได

สถานการณ์ที่ 6 (Fire Scenario 8) เกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ชั้น 2 ผู้พักอาศัยห้องพัก BP1-01 เพลิงไหม้โต๊ะทำงานซึ่งเป็นไฟ class A ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ชำรุดเสียหายใช้งานไม่ได้ บันไดหนีไฟทั้ง 2 ข้างใช้งานได้ปกติ

6. สร้างแบบจำลองอาคารที่ใช้ในการศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder

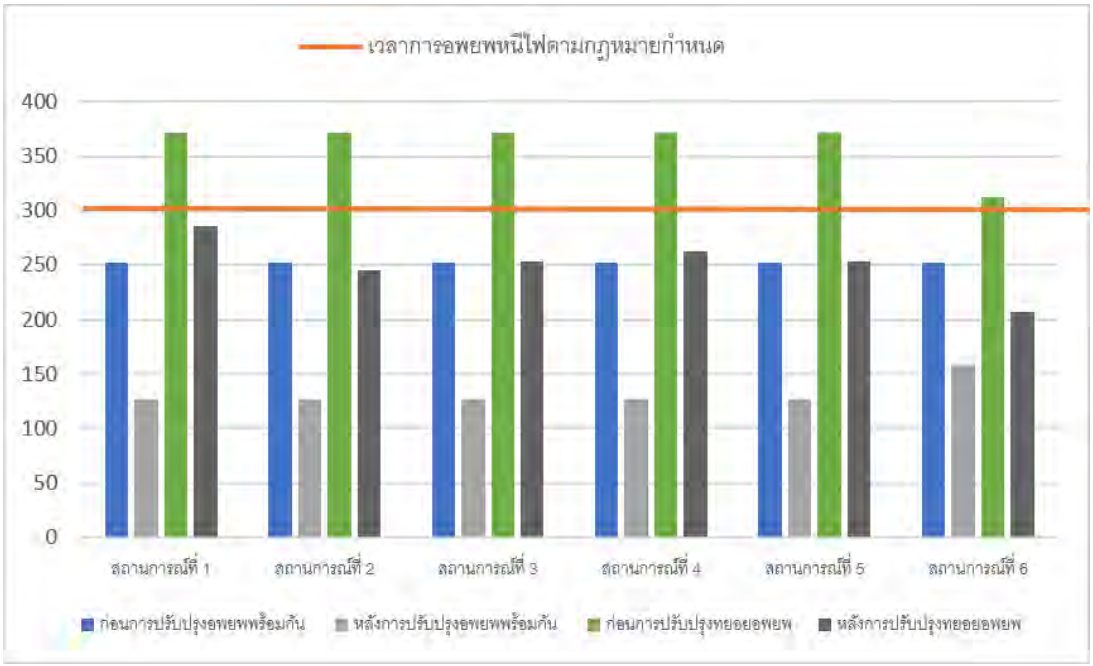
ทำการสร้างแบบจำลองอาคาร 8 ชั้น สร้างโปรไฟล์ผู้ใช้อาคาร กำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร ใส่จำนวนผู้ใช้อาคารแต่ละชั้นตามที่คำนวณได้ จากนั้นทำการจำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยเลือกที่เมนู Simulation แล้วคลิกที่คำสั่ง Run Simulation เมื่อโปรแกรมประมวลผลเสร็จจะแสดงผลลัพธ์ในมุมมอง 3 มิติ

ผลการวิจัย

จากการจำลองการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารในกรณีทยอยอพยพที่เกินกว่าเวลาที่กฎหมายกำหนด จึงต้องปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ หรือหาจำนวนของผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสมกับขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของอาคาร เพื่อให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยดังนี้

วิธีที่ 1 การปรับปรุงออกแบบเส้นทางหนีไฟเพื่อลดเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัย โดยเพิ่มประตูด้านข้างเชื่อมต่อไปยัง Corridor ชั้น 2 เพื่อเพิ่มช่องทางให้ผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ได้ใช้ในการอพยพหนีไฟไปยังบันไดหนีไฟ Stair 1 และ Stair 2 เพื่อออกไปสู่ภายนอกอาคาร หลังจากการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ ทำให้สามารถลดเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารทั้งการอพยพหนีไฟพร้อมกันและการทยอยการอพยพหนีไฟ เข้าสู่จุดที่ปลอดภัย ก่อนที่มีการปรับปรุงการอพยพหนีไฟในกรณีการทยอยอพยพหนีไฟจะมีเวลาที่เกินมาตรฐานกฎหมายกำหนดไว้ ซึ่งหลังมีการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เวลาในการอพยพหนีไฟจะเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดไว้ไม่เกิน 300 วินาทีทั้ง 2 กรณี

วิธีที่ 2 จำกัดจำนวนของผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสมกับผู้ใช้อาคารจริงและให้เหมาะสมกับขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของอาคาร พบว่าการลดจำนวนผู้ใช้ห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสม คือ ลดลงร้อยละ 36 จาก 36 คน เหลือไม่เกิน 23 คน เพื่อให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัย



รูปที่ 2 กราฟเวลาในการอพยพในแต่ละเหตุการณ์ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ

สรุปและอภิปรายผล

จากการจำลองการอพยพหนีไฟออกจากอาคารคอนโดมิเนียม สูง 8 ชั้น ทั้งหมด 6 สถานการณ์ พบว่าผู้ใช้อาคารไม่สามารถอพยพออกไปสู่จุดปลอดภัย (ภายนอกอาคาร) ได้ทันภายใน300 วินาที ตามที่กฎหมายกำหนด ไม่ว่าจะเป็นการทยอยอพยพหรือการอพยพพร้อมกัน จึงทำการจำลองการอพยพหนีไฟไปสู่จุดปลอดภัย (บันไดหนีไฟ) และพบว่าในกรณีการทยอยอพยพหนีไฟ ไม่สามารถอพยพได้ทันภายใน 300 วินาที ตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งสาเหตุมาจากผู้ใช้อาคารภายในห้อง Co-Working Space ใช้ระยะเวลานานในการออกไปสู่จุดที่ปลอดภัยเนื่องจากมีช่องทางเข้า-ออก ทางเดียวคือ บันไดขึ้นลง ซึ่งทั้งนี้ได้จำลองการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดเวลาในการอพยพหนีไฟ โดยการเพิ่มประตูทางออกอีก 1 ประตูเชื่อมไปยังบันไดหนีไฟ เพื่อเพิ่มช่องทางในการอพยพหนีไฟไปยังจุดที่ปลอดภัยได้รวดเร็วมากขึ้น และสามารถอพยพได้ภายในเวลา 300 วินาที ตามกฎหมายกำหนด

การจำกัดจำนวนผู้ใช้อาคารในห้อง Co-Working Space ให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจริงเป็นอีกวิธีที่สามารถอพยพหนีไฟไปยังจุดปลอดภัยได้ภายในเวลา 300 วินาที ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันที ใช้งบประมาณที่น้อยในการปรับปรุงแก้ไข จึงเป็นวิธีที่สามารถตอบสนองเพื่อเพิ่มความปลอดภัย และลดระยะเวลาในการอพยพหนีไฟไปยังจุดที่ปลอดภัยให้กับผู้ใช้อาคารได้ทันที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] National Fire Protection Association. (2021). NFPA 101 Life Safety Code, Edition 2021. US

[2] กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555, (2556, 6 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 130 หน้า 24

[3] The application of fire safety engineering principles to fire safety design of building. PD 7974-6: 2004, British Standard

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การเพิ่มกำลังการผลิตกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชน โดยใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน

กรรัฐ วงศ์เขียว[1*] วัสสนัย วรรธนัจฉริยา[1]

[1] กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีขั้นสูงและการจัดการนวัตกรรมเพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*Natthanad_wo@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชน โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถในการผลิตและลดเวลาสูญเสียจากการรอคอยในกระบวนการผลิตแบบ Batch การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยการวิเคราะห์กระบวนการผลิตปัจจุบันด้วย Flow Process Chart (FPC) และการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงภายในระยะเวลาการจำลอง 90 วัน จากการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการผลิตปัจจุบันมีข้อจำกัดหลักจากระยะเวลารอคอยในขั้นตอนการหมัก ซึ่งส่งผลให้เกิดการสะสมของงานระหว่างกระบวนการและจำกัดจำนวน Batch ที่สามารถผลิตได้ โดยผลการจำลองก่อนการปรับปรุงสามารถผลิตได้ 2 Batch มีค่า Mean Life Time เท่ากับ 32.24 วัน และมี Value Added Time เท่ากับ 19.22% แนวทางการปรับปรุงได้ประยุกต์ใช้แนวคิด Staggered Production ร่วมกับการเพิ่มความสามารถในการรองรับกระบวนการหมัก เพื่อให้สามารถปล่อย Batch เข้าสู่ระบบแบบเหลื่อมเวลา ผลการจำลองหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 4 Batch ภายใน 90 วัน หรือเพิ่มขึ้น 100% ค่า Mean Life Time ลดลงเหลือ 25.67 วัน และ Value Added Time เพิ่มขึ้นเป็น 24.10% ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ Staggered Production สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแบบ Batch โดยช่วยเพิ่ม Throughput ลดระยะเวลาการอยู่ในระบบของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์, Tecnomatix Plant Simulation, Staggered Production, Batch Production, กระบวนการหมัก

Capacity Improvement of Community-Based Distilled White Spirit Production Using Lean Manufacturing Concepts

Kornrarat Wongkhiaw[1*] Wassanai Wattanutchariya[1]

[1] Advanced Technology & Innovation Management for Creative Economy Research Group (AIMCE)
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

*Natthanad_wo@cmu.ac.th

Abstract

This study aimed to analyze and improve the production capacity of a community-based distilled white spirit process by reducing waiting-related losses in a batch production system. The current production process was analyzed using a Flow Process Chart, and a discrete-event simulation model was developed using Tecnomatix Plant Simulation. The model was used to compare production performance before and after implementing a staggered batch-release policy over a 90-day simulation period. Before improvement, the system produced two batches with a mean time in the system of 32.24 days and a value-added ratio of 19.22%. After improvement, throughput increased to four batches, while the mean time in the system decreased to 25.67 days and the value-added ratio increased to 24.10%. The results demonstrate the potential of staggered batch release to improve production continuity and throughput without shortening the biologically required fermentation period.

Keywords: Simulation, Tecnomatix Plant Simulation, Staggered Production, Batch Production, Fermentation Process

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมสุราขาวถือเป็นหนึ่งในภาคอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในด้านการสร้างรายได้ให้กับประเทศและการจ้างงานในภาคการผลิต ผลิตภัณฑ์สุราขาวมีความต้องการสูงในตลาดภายในประเทศและยังมีศักยภาพสำหรับการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ โดยอุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มการเติบโตต่อเนื่องในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา สะท้อนจากจำนวนผู้ประกอบการที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น การเข้าร่วมบูธงานแสดงสินค้าของผู้ผลิตสุราขาวและสุรากลั่นที่เพิ่มจากเพียง 5–6 รายเป็นกว่า 50–60 รายภายในเวลาเพียง 2–3 ปี ซึ่งสะท้อนการขยายตัวของตลาดและผู้เล่นรายใหม่ที่เข้าสู่อุตสาหกรรม (Bangkokbiznews, 2567) นอกจากนี้ รายงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่มโดยธนาคารกรุงศรีคาดการณ์ว่าปริมาณการผลิตสุราในประเทศ (รวมถึงสุราขาว) จะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยราว 1–2% ต่อปีในช่วงปี 2568–2570 (Krungsri Research, 2568) ขณะเดียวกัน รายงานตลาดสากลชี้ว่าตลาดสุราขาวในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก มีมูลค่า 17,470.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2023 และมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่องที่อัตราเฉลี่ยราว 5.9% ต่อปี ระหว่างปี 2024–2030 (Grand View Research, 2024) ซึ่งสะท้อนถึงโอกาสการเติบโตของสุราขาวทั้งในประเทศและในตลาดต่างประเทศ โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยปีละ 5% ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ซึ่งสะท้อนถึงการเติบโตที่มั่นคงในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมนี้ต้องเผชิญกับการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นจากทั้งผู้ผลิตในประเทศและสินค้านำเข้า ส่งผลให้ผู้ประกอบการไทยต้องเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ทันต่อความต้องการของตลาดที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

สุราขาวชุมชน “ยามเย็น” เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรากฐานจากภูมิปัญญาท้องถิ่นจังหวัดแพร่และยึดถือกรรมวิธีดั้งเดิมในการหมักข้าวเหนียวด้วยลูกแป้งสูตรเฉพาะซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแบรนด์ แต่แม้ผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพและได้รับความต้องการในตลาด กระบวนการผลิตกลับยังมีข้อจำกัดสำคัญ โดยเฉพาะระบบการหมักและกลั่นที่เป็นแบบ “รอบต่อรอบ” ทำให้เกิดการรอคอยระหว่าง Batch และส่งผลให้กระบวนการถัดไป เช่น กระบวนการกลั่นและบรรจุ ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดช่วงเวลาว่างของทรัพยากรในระบบ และทำให้กำลังการผลิตต่ำกว่าศักยภาพ จากผลการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วย Flow Process Chart พบว่ากระบวนการผลิตทั้งหมดมีจำนวนกิจกรรม 62 ขั้นตอน โดยมีเวลารวมของกระบวนการ 50,059.48 นาทีต่อBatch ซึ่งพบว่าสัดส่วนเวลาส่วนใหญ่เกิดจาก ระยะเวลาการอยู่ในกระบวนการหมัก (Fermentation Residence Time) และเวลารอในกระบวนการหมัก ปัญหาดังกล่าวสามารถอธิบายได้ตามแนวคิด Lean Manufacturing ซึ่งมุ่งเน้นการกำจัดความสูญเปล่าที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-Value Added Activity) โดยเฉพาะความสูญเปล่าประเภท Waiting, Inventory และ Idle Resource อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการหมักเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่ไม่สามารถลดเวลาได้โดยตรง แนวทางการปรับปรุงจึงควรมุ่งเน้นการบริหารลำดับการผลิตและการจัดตารางการปล่อย Batch ให้เหมาะสมแทน

เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดในด้านการจำหน่าย ยามเย็นผลิตสุราขาวตามสัดส่วนที่สอดคล้องกับความนิยมของผู้บริโภค คือ สุราขาว 40 ดีกรี 60% และสุราขาว 35 ดีกรี 40% ซึ่งช่วยคง

เอกลักษณ์และความต่อเนื่องของแบรนด์ แม้กระบวนการผลิตจะยังคงความเป็นดั้งเดิม แต่ยังประสบปัญหาการไหลของงานที่ไม่ต่อเนื่องจากการผลิตแบบรอบต่อรอบ หากมีการปรับปรุงวิธีการจัดตารางการหมักและการกลั่นให้เหมาะสม โดยใช้การจัดตารางการผลิตแบบเหลื่อมเวลา (Staggered Scheduling) จะช่วยให้กระบวนการหมักและการกลั่นมีวัตถุดิบเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง เพิ่มการใช้เครื่องจักรและแรงงานให้เต็มประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย และเพิ่มความคล่องตัวของการผลิตได้อย่างชัดเจน (Méndez et al., 2006; Georgiadis et al., 2019) แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ที่เน้นการลดความสูญเปล่าและเพิ่มคุณค่าสูงสุดให้กับลูกค้า (Womack & Jones, 2003) ทำให้โรงงานสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ตามเป้าหมายการเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มเครื่องจักรหรือแรงงาน อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุน ควบคุมคุณภาพให้สม่ำเสมอ และเสริมความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการชุมชนในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและการวิเคราะห์ระบบการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

Lean Manufacturing เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการลดความสูญเปล่า (waste) ในกระบวนการผลิต โดยไม่เพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น การรอคอย การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การผลิตเกินความต้องการ และกระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ Lean มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต โดยหลักการสำคัญคือการสร้างคุณค่า (Value) ให้กับลูกค้าและกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าออกจากระบบ

2.2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิต (Process Analysis)

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเป็นการศึกษาขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ เพื่อระบุปัญหา คอขวด (Bottleneck) และความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในระบบ โดยเครื่องมือที่นิยมใช้ ได้แก่ Flow Process Chart ซึ่งใช้แสดงลำดับขั้นตอนการผลิตอย่างละเอียด และช่วยให้สามารถมองเห็นจุดที่ควรปรับปรุงได้อย่างชัดเจน

2.3 หลักการ ECRS

ECRS เป็นแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ประกอบด้วย Eliminate (กำจัดงานที่ไม่จำเป็น), Combine (รวมขั้นตอนการทำงาน), Rearrange (จัดลำดับใหม่ให้เหมาะสม) และSimplify (ทำให้ง่ายขึ้น) แนวคิดนี้ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการ และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม

2.4 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์เป็นการสร้างแบบจำลองของระบบการผลิตในรูปแบบดิจิทัล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ โดยในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Tecnomatix Plant

Simulation เพื่อทดสอบการปรับปรุงกระบวนการก่อนนำไปใช้จริง ช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มความแม่นยำในการตัดสินใจ

2.5 หลักการของ Staggered Production

Staggered Production เป็นแนวคิดในการวางแผนและควบคุมการผลิต โดยการกำหนดช่วงเวลาการเริ่มต้นของแต่ละ Batch หรือแต่ละงานให้มีความเหลื่อมล้ำกันอย่างเหมาะสม แทนการผลิตแบบต่อเนื่องทีละ Batch ซึ่งต้องรอให้กระบวนการก่อนหน้าดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ทั้งหมดก่อนจึงเริ่ม Batch ถัดไป การผลิตแบบเหลื่อมเวลาช่วยให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดช่วงเวลาว่างของกระบวนการ (Idle Time) ลดการสะสมของงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP) และลดเวลารอคอย (Waiting Time) ระหว่างขั้นตอนการผลิต โดยเฉพาะในระบบการผลิตแบบ Batch ที่มีขั้นตอนซึ่งใช้เวลานานหรือเป็นคอขวด (Bottleneck) เช่น กระบวนการหมัก การกำหนดเวลาการปล่อย Batch ให้เหมาะสมจะช่วยให้หลายกระบวนการสามารถดำเนินงานซ้อนกันได้ ส่งผลให้เพิ่มความต่อเนื่องของการผลิต เพิ่ม Throughput และเพิ่มความสามารถในการผลิตโดยไม่จำเป็นต้องลด Cycle Time ของแต่ละกระบวนการ ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้ Staggered Production จำเป็นต้องพิจารณาความสามารถของทรัพยากร เช่น จำนวนเครื่องจักร พื้นที่จัดเก็บ และกำลังการรองรับของแต่ละกระบวนการ เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างประสิทธิภาพการผลิตและข้อจำกัดของระบบ

2.6 หลักการของ Tecnomatix Plant Simulation

Tecnomatix Plant Simulation เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการจำลองสถานการณ์ (Discrete Event Simulation: DES) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบ และปรับปรุงระบบการผลิต โดยสามารถสร้างแบบจำลองของกระบวนการผลิตจริงในรูปแบบเสมือน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ก่อนนำไปปรับใช้จริง โปรแกรมสามารถจำลององค์ประกอบของระบบการผลิต เช่น สถานีงาน (Station), เครื่องจักร (Machine), ทรัพยากร (Resource), การขนส่ง (Transport), การจัดเก็บ (Storage) และลำดับการไหลของผลิตภัณฑ์ (Material Flow) รวมถึงสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ เช่น Cycle Time, Processing Time, Capacity และ Arrival Interval เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับประสิทธิภาพของระบบ ตัวชี้วัดที่ได้จากการจำลอง เช่น Throughput, Utilization, Waiting Time และ Lead Time สามารถนำมาใช้ในการค้นหาข้อจำกัดของกระบวนการ (Bottleneck) และประเมินแนวทางการปรับปรุง เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิต การเพิ่มทรัพยากร หรือการปรับตารางการปล่อยงานเข้าสู่ระบบ ทั้งนี้ ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ Tecnomatix Plant Simulation ในการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยแนวคิด Staggered Production โดยใช้ผลลัพธ์จากการจำลองเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการเพิ่ม Productivity

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตปัจจุบัน

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตสุราขาวชุมชนในสภาพการทำงานจริง โดยลงพื้นที่เพื่อสังเกตลำดับขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ, การหมัก, การกลั่น, การปรับดีกรี, การกรอง, การบรรจุ และการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งบันทึกกระบวนการทำงานจริงเพื่อนำมาวิเคราะห์ภาพรวมของระบบการผลิต จากนั้นจึงจัดทำแผนผังกระบวนการผลิต (Process Flow Diagram) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ต่อไป จากการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตมีลักษณะเป็นระบบการผลิตแบบ Batch โดย 1 Batch ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากถังหมักจำนวน 200 ถัง และแต่ละถังมีปริมาตร 20 ลิตร โดยกระบวนการหมักเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานที่สุดของระบบ ส่งผลให้เกิดการรอคอยระหว่าง Batch และทำให้กระบวนการถัดไปไม่สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 1 วัตถุดิบลูกแป้งการผลิตสุราขาวชุมชน “ยามเย็น”



รูปที่ 2 การหมักสุราขาวชุมชน “ยามเย็น”



รูปที่ 3 การกลั่นสุรา



รูปที่ 4 การปรับดีกรี



รูปที่ 5 ส่าที่ได้หลังจากการกลั่น



รูปที่ 6 นำส่าที่ได้หลังจากการกลั่นไปหมักรอบที่ 2



รูปที่ 7 การกรองและบรรจุขวด



รูปที่ 8 สุราขาวชุมชน “ยามเย็น”

3.2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิต

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ ได้แก่ Flow Process Chart เพื่อจำแนกกิจกรรมออกเป็น Operation, Delay, Transport และ Inspection เพื่อวิเคราะห์ภาพรวมของกระบวนการผลิตและระบุจุดที่เกิดความสูญเปล่า (Waste) นอกจากนี้ยังใช้หลักการ ECRS ได้แก่ Eliminate, Combine, Rearrange และ Simplify เพื่อค้นหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1: กระบวนการผลิตสุราขาวชุมชนยามเย็น

Flow Process Chart				
Symbol	ปัจจุบัน	ปรับปรุง	ผลต่าง	
Operation	37	-	-	กิจกรรม: การผลิตสุราขาวชุมชนยามเย็น
Transportation	8	-	-	วัน/เดือน/ปี: 14 กรกฎาคม 2569
Inspection	10	-	-	
Delay	6	-	-	
Store	1	-	-	
รวม	62	-	-	
ระยะทาง (เมตร)	50	-	-	
เวลา (นาที)	50,059.48	-	-	

ลำดับ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์					รายละเอียดกิจกรรม
			○	⇨	□	D	▽	
1	0	18.45						ผสมสัดส่วนลูกแป้ง
2	0	8.32						เติมน้ำ
3	0	26.75						คลุกผสมลูกแป้ง
4	0	112.60						ปั้นลูกแป้ง
5	0	2,880.00						บ่มลูกแป้ง
6	0	5,760.00						ผึ่งแดด
7	0	54.35						บดเพื่อสำหรับการหมัก
8	0	24.68						เตรียมถังหมัก
9	0	56.42						ทำความสะอาดถังหมัก
10	0	74.35						เติมส่วนผสมลงถังหมัก

11	0	8.25						ปิดฝาถัง
12	0	5.15						บันทึกข้อมูลการเริ่มหมัก
13	0	4,320.00						รอครบระยะเวลาหมัก
14	0	22.45						เติมน้ำ
15	0	6.35						ปิดฝาถัง
16	0	14,400.00						หมักต่อ
17	5	28.65						เตรียมฟืนสำหรับเป็นเชื้อเพลิง
18	10	24.75						นำน้ำหมักเข้าเครื่องกลั่น
19	0	8.45						เติมน้ำ
20	0	74.85						แยกน้ำกลั่นออกจากกาก
21	0	13.30						ตรวจสอบปริมาณผลผลิต
22	5	18.25						เตรียมอุปกรณ์กรอง
23	0	12.65						ใส่วัสดุกรอง
24	0	68.75						กรองสิ่งเจือปน
25	0	9.45						ตรวจสอบความใสของสุรา
26	0	8.35						ตรวจวัดค่าดีกรีเริ่มต้น
27	0	15.75						เติมน้ำตามสูตร
28	0	12.85						ผสมให้เข้ากัน
29	0	5.78						ตรวจสอบค่าดีกรีหลังปรับ
30	0	12.45						ใส่วัสดุกรอง
31	0	70.25						กรองสิ่งเจือปน
32	0	8.65						ตรวจสอบความใสของสุรา
33	5	22.35						เตรียมภาชนะหมัก
34	0	48.65						ผสมน้ำตาลและลูกแป้ง
35	0	4,320.00						รอครบระยะเวลาหมัก
36	0	22.45						เติมน้ำ
37	0	6.35						ปิดฝา

38	0	14,400.00						หมักต่อ
39	5	28.65						เตรียมฟืนสำหรับเป็นเชื้อเพลิง
40	10	24.75						นำน้ำหมักเข้าเครื่องกลั่น
41	0	8.45						เติมน้ำ
42	0	74.85						แยกน้ำกลั่นออกจากกาก
43	0	13.30						ตรวจสอบปริมาณผลผลิต

44	0	12.65						ใส่วัสดุกรอง
45	0	70.25						กรองสิ่งเจือปน
46	0	8.65						ตรวจสอบความใสของสุรา
47	0	8.35						ตรวจวัดค่าดีกรีเริ่มต้น
48	0	15.75						เติมน้ำตามสูตร
49	0	12.85						ผสมให้เข้ากัน
50	0	5.78						ตรวจสอบค่าดีกรีหลังปรับ
51	0	12.45						ใส่วัสดุกรอง
52	0	70.25						กรองสิ่งเจือปน
53	0	8.65						ตรวจสอบความใสของสุรา
54	0	95.45						เติมสุรา
55	0	42.75						ปิดฝาขวด
56	0	56.35						ติดฉลาก
57	0	18.65						ตรวจสอบลักษณะภายนอก
58	2	42.35						จัดเรียงขวดลงกล่อง
59	0	18.45						ปิดกล่อง
60	0	8.25						ติด Label
61	10	5.50						เคลื่อนย้ายสินค้าไปพื้นที่จัดเก็บ
62	0	1,440.00						จัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป

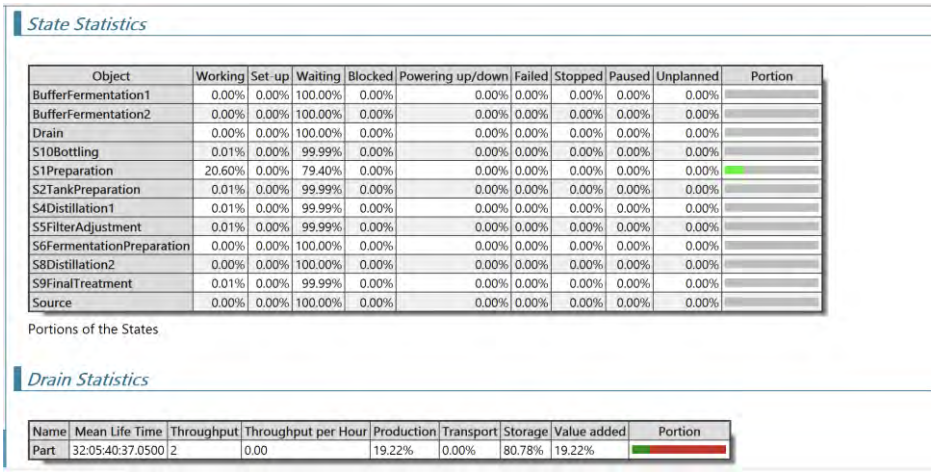
จากตารางที่ 1 หลังจากวิเคราะห์ Waste จาก Flow Process Chart ได้ทำการระบุกระบวนการที่เป็นข้อจำกัดของระบบ (Bottleneck Process) โดยพิจารณาจาก Cycle Time ที่สูง การใช้เวลารอคอย และผลกระทบต่อกระบวนการถัดไป ผลการวิเคราะห์พบว่า กระบวนการหมักเป็น Bottleneck หลักของระบบ เนื่องจากมีระยะเวลาการดำเนินงานยาวนานประมาณ 13 วันต่อ Batch ในขณะที่กระบวนการอื่นใช้เวลาสั้นกว่า ข้อจำกัดของกระบวนการหมักคือไม่สามารถลดเวลาการดำเนินงานได้โดยตรง เนื่องจากเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่ต้องใช้ระยะเวลาตามคุณสมบัติของวัตถุดิบ

3.3 การสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิต (Simulation Modeling)

ผู้วิจัยนำข้อมูล Cycle Time ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation โดยกำหนดโครงสร้างของระบบการผลิตให้สอดคล้องกับสภาพจริงในโรงงาน ตั้งแต่ขั้นตอนการป้อนวัตถุดิบจนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบและประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เนื่องจากกระบวนการหมักเป็น Bottleneck หลัก การใช้ Staggered Production จำเป็นต้องมีพื้นที่รองรับผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการหมัก เพื่อป้องกันการติดขัดของระบบ ดังนั้นจึงมีการเพิ่ม Fermentation Buffer ในแบบจำลอง เพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับ Batch ที่เข้าสู่ระบบพร้อมกัน การกำหนดจำนวน Buffer จะถูกทดสอบผ่าน Simulation โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ของจำนวน Buffer หลายระดับเพื่อหาจำนวนที่เหมาะสม

3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเบื้องต้น

เพื่อยืนยันว่าแบบจำลองสามารถสะท้อนพฤติกรรมของระบบจริงได้ จึงทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลอง Before Improvement กับข้อมูลพื้นฐานของกระบวนการผลิตจริง โดยกำหนดระยะเวลาการจำลองเท่ากับ 90 วัน ผลการจำลอง Before Improvement พบว่า ระบบสามารถผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้จำนวน 2 Batch ภายในระยะเวลา 90 วัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากกระบวนการผลิตจริงที่สามารถผลิตได้ประมาณ 2 Batch ต่อรอบระยะเวลาการผลิต ผลจาก Tecnomatix Plant Simulation แสดงค่า Mean Life Time เท่ากับ 32 วัน 5 ชั่วโมง 40 นาที 37 วินาที หรือเทียบเท่าประมาณ 32.24 วัน โดยมีสัดส่วนเวลาการผลิต (Production Ratio) เท่ากับ 19.22% และสัดส่วนเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบ (Storage Ratio) เท่ากับ 80.78% ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบปัจจุบันมีสัดส่วนเวลาส่วนใหญ่อยู่ในช่วงการรอคอยและการพักระหว่างกระบวนการ โดยเฉพาะข้อจำกัดจากระยะเวลาหมักที่ใช้เวลานาน



State Statistics

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
BufferFermentation1	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BufferFermentation2	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Drain	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S10Bottling	0.01%	0.00%	99.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S1Preparation	20.60%	0.00%	79.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S2TankPreparation	0.01%	0.00%	99.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S4Distillation1	0.01%	0.00%	99.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S5FilterAdjustment	0.01%	0.00%	99.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S6FermentationPreparation	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S8Distillation2	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
S9FinalTreatment	0.01%	0.00%	99.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Source	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Portions of the States

Drain Statistics

Name	Mean Life Time	Throughput	Throughput per Hour	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Part	32:05:40:37.0500	2	0.00	19.22%	0.00%	80.78%	19.22%	

รูปที่ 9 แบบจำลองกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชนด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation ก่อนการปรับปรุง

3.5 การประเมินผลและเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตปัจจุบัน พบว่าระบบการผลิตมีลักษณะเป็น staggered batch release กล่าวคือ เมื่อเริ่มต้นการผลิตจะมีการปล่อยวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการตามรอบการผลิต (Batch Production) โดยไม่ได้พิจารณาถึงความสามารถในการรองรับของกระบวนการถัดไป ส่งผลให้มีระยะเวลาการผลิตรวมสูง โดยเฉพาะกระบวนการหมักซึ่งเป็นกระบวนการที่มี Lead Time สูงและเป็นข้อจำกัดหลักของระบบ โดยกำหนดให้การปล่อย Batch ใหม่เข้าสู่กระบวนการผลิตเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการปลายทางหรือพื้นที่พักระหว่างกระบวนการ (Buffer) มีความสามารถรองรับงานเพิ่มเติม แทนการปล่อยงานเข้าสู่ระบบตามเวลาแบบเดิม

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ กำลังการผลิต (Production Capacity) และระยะเวลารวมของกระบวนการ (Lead Time) เพื่อประเมินผลของการปรับปรุงและสรุปความคุ้มค่าของแนวทางที่นำเสนอ

4. ผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชนด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง โดยกำหนดระยะเวลาการจำลอง (Simulation Time) เท่ากับ 90 วัน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผลิต (Throughput) และสัดส่วนเวลาการทำงานของระบบ แนวทางการปรับปรุงในแบบจำลอง After Improvement ได้ประยุกต์ใช้แนวคิด Staggered Production โดยเพิ่มความสามารถในการรองรับ

กระบวนการหมักผ่านการเพิ่ม Fermentation Buffer และปรับรูปแบบการปล่อย Batch ให้สามารถเข้าสู่กระบวนการแบบเหลื่อมเวลา เพื่อลดเวลารอระหว่าง Batch

4.1 ผลการจำลอง Before Improvement

จากผลการจำลองกระบวนการผลิตปัจจุบัน (Before Improvement) ภายในระยะเวลา 90 วัน พบว่า ระบบสามารถผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้จำนวน 2 Batch ผลจาก Drain Statistics แสดงให้เห็นว่า

ตารางที่ 2: สัดส่วนเวลากระบวนการผลิตสุราขาวชุมชนยามเย็น ก่อนการปรับปรุง

ตัวชี้วัด	Before Improvement
Simulation Time	90 วัน
Throughput	2 Batch
Mean Life Time	32 วัน 05 ชั่วโมง 40 นาที
Production Ratio	19.22%
Storage Ratio	80.78%
Value Added Time	19.22%

จากข้อมูลพบว่า แม้ว่ากระบวนการผลิตสามารถดำเนินการได้ แต่สัดส่วนเวลาส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์อยู่ในสถานะ Storage คิดเป็น 80.78% ขณะที่เวลาที่เกิดคุณค่า (Value Added) มีเพียง 19.22% แสดงให้เห็นว่าปัญหาหลักของกระบวนการผลิตไม่ได้เกิดจากเวลาการทำงานของ Operation แต่เกิดจากระยะเวลาการอยู่ในกระบวนการหมัก (Fermentation Residence Time) และเวลารอในกระบวนการหมัก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานและจำกัดความสามารถในการปล่อย Batch ใหม่เข้าสู่ระบบ

4.2 ผลการจำลอง After Improvement

หลังจากปรับปรุงกระบวนการโดยเพิ่ม Fermentation Buffer และใช้แนวคิด Staggered Production พบว่าโครงสร้างของระบบสามารถรองรับการผลิตแบบต่อเนื่องมากขึ้น โดยมีการแบ่งการปล่อย Batch เข้าสู่กระบวนการแบบเหลื่อมเวลา

ตารางที่ 3: สัดส่วนเวลากระบวนการผลิตสถราขาวชุมชนยามเย็น หลังการปรับปรุง

ตัวชี้วัด	After Improvement
Simulation Time	90 วัน
Throughput	4 Batch
Mean Life Time	25 วัน 16 ชั่วโมง
Production Ratio	24.10%
Storage Ratio	75.90%
Value Added Time	24.10%

ตารางที่ 4: การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

Parameter	Before	After	Improvement
Simulation Period	90 วัน	90 วัน	-
Throughput	2 Batch	4 Batch	เพิ่มขึ้น 2 batch
Mean Life Time	32.24 วัน	25.67 วัน	ลดลง 20.38%
Production Ratio	19.22%	24.10%	เพิ่มขึ้น 4.88%
Storage Ratio	80.78%	75.90%	ลดลง 4.88%

จากผลการจำลองพบว่า การปรับปรุงรูปแบบการผลิตด้วยแนวคิด Staggered Production สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตของระบบได้ โดยภายใต้เงื่อนไข Simulation 90 วัน Throughput เพิ่มจาก 2 เป็น 4 Batch นอกจากนี้ Mean Life Time ของผลิตภัณฑ์ลดลงจากประมาณ 32 วัน เหลือ 25 วัน แสดงให้เห็นว่าการจัดลำดับการปล่อย Batch แบบเหลื่อมเวลา สามารถลดระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์รออยู่ภายในระบบได้ อย่างไรก็ตาม ผลการจำลองยังพบว่าสัดส่วน Storage Time ยังคงสูง เนื่องจากกระบวนการหมักยังเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลานานที่สุดของระบบ ดังนั้น Fermentation Process ยังคงเป็น Bottleneck หลักที่ควรติดตามและพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชน โดยประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบการผลิตในระยะเวลา 90 วัน และเปรียบเทียบผลการดำเนินงานระหว่างกระบวนการผลิตปัจจุบัน (Before Improvement) และกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง (After Improvement) จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตปัจจุบัน พบว่ากระบวนการมีข้อจำกัดหลักจาก ระยะเวลาการผลิตในขั้นตอนการหมัก ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลานานที่สุดของกระบวนการ ส่งผลให้เกิดการสะสมของผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP) และทำให้ความสามารถในการปล่อย Batch ใหม่เข้าสู่ระบบมีข้อจำกัด ผลการจำลองสถานการณ์ก่อนการปรับปรุงภายในระยะเวลา 90 วัน พบว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้จำนวน 2 Batch โดยมีค่า Mean Life Time เท่ากับ 32.24 วัน และมีสัดส่วนเวลาที่เกิดคุณค่า (Value Added Time) เท่ากับ 19.22% ขณะที่เวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในระบบโดยไม่ได้เพิ่มคุณค่า ซึ่งระบบมีสัดส่วน Storage เท่ากับ 80.78% ซึ่งสะท้อนว่าผลิตภัณฑ์มีระยะเวลาการอยู่ในระบบ (Residence Time) เป็นสัดส่วนสูงเมื่อเทียบกับเวลาการผลิตทั้งหมด จากปัญหาดังกล่าว จึงดำเนินการปรับปรุงกระบวนการโดยประยุกต์ใช้แนวคิด

Staggered Production ร่วมกับการเพิ่มความสามารถในการรองรับกระบวนการหมัก (Fermentation Capacity) ผ่านการเพิ่ม Fermentation Buffer เพื่อให้สามารถปล่อย Batch เข้าสู่กระบวนการผลิตแบบเหลื่อมเวลา ลดการรอคอยระหว่าง Batch และเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต ผลจากการจำลองหลังการปรับปรุง พบว่าภายใต้เงื่อนไข Simulation 90 วัน Throughput เพิ่มจาก 2 เป็น 4 Batch โดย Mean Life Time ลดลงจาก 32.24 วัน เหลือ 25.67 วัน คิดเป็นการลดลงประมาณ 20.38% นอกจากนี้ สัดส่วน Value Added Time เพิ่มขึ้นจาก 19.22% เป็น 24.10% แสดงให้เห็นว่าการจัดลำดับการผลิตใหม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เวลาของระบบ และลดเวลาที่ผลิตภัณฑ์ต้องรออยู่ภายในกระบวนการ 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า ปัญหาหลักของกระบวนการผลิตสุราขาวชุมชนไม่ได้เกิดจากเวลาการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงาน แต่เกิดจากข้อจำกัดของกระบวนการที่มีระยะเวลาการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการหมัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถลดเวลาได้ง่าย เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่จำเป็นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การปรับปรุงโดยมุ่งเน้นการลดเวลาการรอคอยระหว่าง Batch และเพิ่มความสามารถในการรองรับงานระหว่างกระบวนการจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสม โดยแนวคิด Staggered Production ช่วยให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินงานแบบต่อเนื่องมากขึ้น จากเดิมที่ต้องรอให้ Batch ก่อนหน้าดำเนินการเสร็จทั้งหมดก่อน จึงสามารถเริ่ม Batch ใหม่ได้ เปลี่ยนเป็นการปล่อย Batch ใหม่เข้าสู่ระบบในช่วงเวลาที่เหมาะสม ทำให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการจำลองภายใต้เงื่อนไข Simulation 90 วัน แสดงให้เห็นว่า Throughput เพิ่มขึ้นจาก 2 Batch เป็น 4 Batch สะท้อนให้เห็นว่าการจัดตารางการผลิตแบบเหลื่อมเวลาสามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาการทำงานของกระบวนการผลิตหลัก อย่างไรก็ตาม แม้ว่าหลังการปรับปรุงจะสามารถเพิ่มจำนวน Batch การผลิตได้ แต่ผลการจำลองยังพบว่าสัดส่วน Storage Time ยังคงอยู่ในระดับสูงที่ 75.90% เนื่องจากกระบวนการหมักยังคงเป็นกระบวนการที่มีระยะเวลานานและเป็นข้อจำกัดหลักของระบบ ดังนั้น หากต้องการเพิ่ม Productivity ให้สูงขึ้นในอนาคต อาจต้องพิจารณาการปรับปรุงเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มจำนวนถังหมักให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิต การศึกษาขนาด Batch ที่เหมาะสม หรือการปรับปรุงแผนการผลิตให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตของแต่ละกระบวนการ นอกจากนี้ การใช้โปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation ช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบของแนวทางการปรับปรุงก่อนนำไปใช้งานจริง ลดความเสี่ยงจากการลงทุน และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการออกแบบระบบการผลิตใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

กิตติ์รวี วิเชียรประดิษฐ์. (2563). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน กรณีศึกษา บริษัทผลิตไม้สักแปรรูป [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา].

จุฑาภรณ์ แก้วสุดม. (2562). การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเครื่องมือ การผลิตแบบลีน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์.

รมิตา มุสิกพงศ์. (2558). การประยุกต์ใช้แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าในการปรับปรุง กระบวนการผลิตของธุรกิจพลาสติกฟิล์ม: กรณีศึกษาบริษัท TPK.

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม Industrial Work Study. กรุงเทพฯ ท้อป.

สุริยาพร ปานทอง. (2562). การปรับปรุงกระบวนการและจัดสมดุลสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ท่อนำความร้อน โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ [การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์].

สมศักดิ์ สัตยานุรักษ์. (2549). การศึกษาการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ].

Abonyi, J., Pukanszky, B., & Szekely, D. (2019). Application of lean principles in the food and beverage industry. Food Control, 100, 177–186.

American Society of Mechanical Engineers. (1970). ASME standard for operation and flow process charts (ASME Y15.3M–1970). American Society of Mechanical Engineers.

Baldo, T. A., Santos, M. O., Almada-Lobo, B., & Morabito, R. (2014). An optimization approach for the lot sizing and scheduling problem in the brewery industry. Computers & Industrial Engineering, 72, 360–372.

Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. Journal of Manufacturing Technology Management, 17(1), 56–72.

Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). The lean toolbox: The essential guide to lean transformation. PICSIE Books.

Chase, R. B., & Aquilano, N. J. (2004). Production and operations management. McGraw-Hill.

Chen, J., Li, X., & Zhang, H. (2017). Application of ECRS principle in redesigning production lines to improve efficiency. International Journal of Production Research, 55(10), 3032–3044.

Dufresne, J. (2017). Challenges in standard time setting and efficiency analysis. Journal of Industrial Engineering, 45(2), 112–120.

Georgiadis, G. P., Elekidis, A. P., & Georgiadis, M. C. (2019). Optimization-based scheduling for the process industries: From theory to real-life industrial applications. Processes, 7(7), 438.

Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). Lean manufacturing implementation in the electronics industry: A case study. International Journal of Lean Six Sigma, 4(3), 228–244.

Lee, J., Kim, D., & Choi, H. (2017). Optimization of fermentation scheduling for brewery production planning. Journal of the Institute of Brewing.

Li, Y., Zhang, L., & Liu, H. (2020). Scheduling optimization of multi-batch fermentation process based on overlapping strategy. Biochemical Engineering Journal

Nguyen, D. T., Vo, T. K., & Nguyen, T. H. (2019). Lean manufacturing implementation in beverage production: A case study. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102(5–8), 2231–2241.

Ohno, T. (1988). Toyota production system: Beyond large-scale production. Productivity Press.

Patel, P., Sharma, S., & Purohit, A. (2018). Application of value stream mapping and ECRS principle in lean manufacturing: A case study of an automotive industry. Journal of Manufacturing Processes, 31, 520–531.

Pinedo, M. (2016). Scheduling: Theory, algorithms, and systems. Springer.

Rattapon, P., & Manoj, L. (2018). Production scheduling with capacity-lot size and sequence consideration. Engineering Journal (TCI1).

Reichert, C., & Ziegler, J. (2015). Simulation-based manufacturing process optimization with Tecnomatix. International Journal of Advanced Manufacturing Technology.

Rother, M., & Shook, J. (1999). Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute.

Saowanit, L., & Natnicha, A. (2021). Impact of various situations on production scheduling: A case study of automotive company. Engineering Journal (TCI1).

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. Journal of Operations Management, 25(4), 785–805.

Sharma, R., & Sharma, A. (2015). Time study and standard time determination in manufacturing industries. International Journal of Engineering Research and Applications, 5(4), 125–130.

Shingo, S. (1989). A study of the Toyota production system: From an industrial engineering viewpoint. Productivity Press.

Singh, R. K., Garg, S. K., & Deshmukh, S. G. (2011). The application of value stream mapping (VSM) for lean manufacturing implementation: A case study. International Journal of Advanced Operations Management, 3(2), 99–111.

Steiner, D., & Manske, L. (2017). Application of Tecnomatix plant simulation for optimizing manufacturing processes. Journal of Manufacturing Science and Engineering.

Takeda, H. (2006). The techniques of Toyota production system applied to the automotive industry. Productivity Press.

Tapping, D., Shuker, R., & Luyster, T. (2007). Value stream management for the lean office. Productivity Press.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. Free Press.

Zhang, L., Chen, Y., & Liu, H. (2019). Dynamic scheduling of multi-tank fermentation process. Bioprocess and Biosystems Engineering.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การพัฒนาระบบตรวจติดตามระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติสำหรับสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ

ธนธรณ์ ตรีไวย์[1*] ณรงค์ฤทธิ์ แหลมไธสง[1] ศุภโชค นิพพาเฮง[1] ธเนศ ตั้งจิตเจริญเลิศ[1]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

*E-mail 6531219556118@pnru.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 098-851-5061

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาระบบตรวจติดตามระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติสำหรับการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เซนเซอร์โหลดเซลล์ทำหน้าที่วัดน้ำหนักของน้ำเกลือและใช้ ESP32 ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อแสดงปริมาตรระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือเพื่อแสดงผลบนจอ LCD ขนาด 20 x 4 และระดับวิกฤตผ่านกริ่งไร้สาย เก็บผลการทดสอบ 2 แบบ แบบละ 10 ครั้ง คือ ทดลองโดยการเปิดวาล์วน้ำเกลือ 360° และ 180° ผลการเปิดวาล์วน้ำเกลือ 360° อัตราการไหลเร็วสูงสุด 2.78 มิลลิลิตรต่อวินาที อัตราการไหลต่ำสุด 2.10 มิลลิลิตรต่อวินาที ใช้เวลาจนน้ำเกลือหมด เฉลี่ย 6.31 นาที และผลทดลองการเปิดวาล์วน้ำเกลือ 180° อัตราการไหลเร็วสูงสุด 0.70 มิลลิลิตรต่อวินาที อัตราการไหลต่ำสุด 0.60 มิลลิลิตรต่อวินาที ใช้เวลาจนน้ำเกลือหมด เฉลี่ย 23.47 นาที ดังนั้นการเปิดวาล์ว 180° เป็นวิธีการดำเนินการที่สอดคล้องกับการปฏิบัติการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่องของพยาบาล และสามารถแจ้งเตือนปริมาตรน้ำเกลือในระดับวิกฤตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระดับวิฤตของน้ำเกลือ, อัตราการไหลของน้ำเกลือ, การสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง,

Development of an Automated Saline Level and Flow Rate Monitoring System for Continuous Bladder Irrigation

Thanathorn Treewai[1*] Narogrit Laemthaisong[1] Supachai Nippheng[1] Thanet Thangjitjaroenlert[1]

[1] Phranakhon Rajabhat University, 9 Chaeng Watthana Road, Anusawari, Bang Khen, Bangkok 10220, Thailand

*E-mail 6531219556118@pnru.ac.th, Telephone: 098-851-5061

Abstract

This research aims to develop an automated saline level and flow rate monitoring system for continuous bladder irrigation. The system utilizes a load cell sensor to measure the weight of the saline solution and an ESP32 microcontroller to process data, displaying the saline volume level and flow rate on a LCD (20x4) monitor, while signaling critical saline levels via a wireless buzzer. Testing was conducted under two conditions with 10 trials each: testing with the saline valve opened at 360° and at 180°. The results for the 360° valve opening showed a maximum flow rate of 2.78 mL/s, a minimum flow rate of 2.10 mL/s, and an average duration of 6.31 minutes to dispense of saline. The results for the 180° valve opening showed a maximum flow rate of 0.70 mL/s, a minimum flow rate of 0.60 mL/s, and an average duration of 23.47 minutes to dispense of saline. Therefore, the 180° valve opening procedure aligns with nurses' continuous bladder irrigation practices and effectively provides critical saline volume alerts.

Keywords: Critical Saline Level, Saline Flow Rate, Continuous Bladder Irrigation

บทนำ

ในปัจจุบันพยาบาลต้องรับผิดชอบภาระงานสูงกว่ามาตรฐานอย่างมาก โดยเฉพาะในหอผู้ป่วยที่ต้องดูแลการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง แม้มาตรฐานสถานพยาบาลของรัฐจะกำหนดอัตราส่วนพยาบาลต่อผู้ป่วยไว้ที่ 1:5 (สภาการพยาบาล, 2548) และมาตรฐานสากลอยู่ที่ 1:6 (Aiken et al., 2012) แต่ในความเป็นจริง พยาบาลไทยต้องดูแลผู้ป่วยสูงถึง 1:10 ถึง 1:15 คน (กรรณิการ์ ศุภกิจอนันต์คุณ, 2562; สาธกา เรืองรัตนถาวร, 2565) ส่งผลให้พยาบาลไม่สามารถคอยเฝ้าระวังผู้ป่วยทุกเตียงได้อย่างทั่วถึงตลอดเวลา เนื่องจากผู้ป่วยแต่ละคนมีช่วงเวลาในการเปลี่ยนถุงน้ำเกลือที่ไม่พร้อมกัน

โดยการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง (Continuous Bladder Irrigation: CBI) มีขั้นตอนการปฏิบัติงานเริ่มจากการต่อถุงน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.9 เข้ากับสายสวนกระเพาะปัสสาวะของผู้ป่วย ซึ่งใช้น้ำเกลือปริมาณมากเฉลี่ยประมาณ 15 ถึง 30 ลิตรต่อวันต่อผู้ป่วย 1 ราย จากนั้นเป็นการปล่อยน้ำเกลือเข้าชะล้างภายในกระเพาะปัสสาวะและสังเกตสีของปัสสาวะที่ไหลออกมา หากพบว่าสีเข้มหรือมีลิ่มเลือด จะต้องทำการปรับเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเกลือให้เร็วขึ้นเพื่อป้องกันการอุดตันจากการเก็บข้อมูลการเปิดปรับวาลของพยาบาลถ้าต้องการให้น้ำเกลือไหลอย่างเร็วจะมีอัตตารการไหลของน้ำเกลือไม่เกิน 1.2 มิลลิตรต่อวินาที และเมื่อสีจางลงจึงปรับอัตราการไหลให้ช้าลงตามความเหมาะสม จะมีอัตราการไหลช้าสุด ไม่น้อยกว่า 0.16 มิลลิตรต่อวินาที ควบคู่ไปกับการคอยตรวจติดตามปริมาตรน้ำเกลือในถุงไม่ให้หมดก่อนการเปลี่ยนถุงใหม่

ผู้วิจัยเสนอกระบวนการตรวจติดตามระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติสำหรับการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการปฏิบัติงานของพยาบาลให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการนำโหลดเซลล์มาใช้วัดน้ำหนักเพื่อแปลงค่าเป็นปริมาตรคงเหลือและคำนวณอัตราการไหลของน้ำเกลือตามเวลาจริง พร้อมแสดงผลผ่านหน้าจอโดยตรงในชุดอุปกรณ์ ซึ่งช่วยเปลี่ยนการเฝ้าระวังด้วยสายตาบริเวณหน้าเตียงให้เป็นค่าตัวเลขเชิงปริมาณที่มีความเสถียรและสม่ำเสมอ การประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัตินี้ ไม่เพียงแต่ช่วยลดข้อจำกัดและเพิ่มความน่าเชื่อถือในกระบวนการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ แต่ยังเป็นส่วนสำคัญในการช่วยทุ่นแรงและลดภาระงานการเดินตรวจเช็กของพยาบาล ทำให้สามารถบริหารจัดการเวลาในการดูแลผู้ป่วยได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และยกระดับความปลอดภัยในการรักษาพยาบาลสูงสุด

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง โดยนำหลักการวัดค่าและประมวลผลสัญญาณทางวิศวกรรมมาใช้เป็นกรอบในการพัฒนาระบบ เพื่อให้การวัดปริมาตรและอัตราการไหลมีความแม่นยำและถูกต้องตามหลักวิชาการ ดังนี้

ทฤษฎีการแปลงค่าน้ำหนักและการคำนวณอัตราการไหล การประเมินปริมาตรน้ำเกลือจริง (V) อาศัยความหนาแน่น (ρ) ของสารละลาย 0.9% NSS (1.0046 g/mL ที่ 25°C) โดยหักน้ำหนักถุงเปล่ารวมสาย (W_{tare}) ออกจากน้ำหนักรวม (W_{total}) ตามสมการ $V = (W_{total} - W_{tare})/\rho$ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ส่วนอัตราการไหล (Q) คำนวณจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่อเวลา $Q=\Delta V/\Delta t$ ทั้งนี้ได้ลดสัญญาณรบกวน (Noise) จากการหยดและการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Filter) ตามสมการ $\overline{W}_k = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} W_{k-i}$ เมื่อ N คือจำนวนกลุ่มตัวอย่างข้อมูลเพื่อให้ได้ค่าที่นิ่งและสะท้อนแนวโน้มจริง

ทฤษฎีการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง (Continuous Bladder Irrigation: CBI) เป็นหัตถการทางการแพทย์ที่ใช้สำหรับผู้ป่วยหลังผ่าตัดศัลยกรรมทางเดินปัสสาวะ เพื่อป้องกันการสะสมและการแข็งตัวของเลือดจนกลายเป็นลิ่มเลือดอุดตันทางเดินปัสสาวะ โดยอาศัยการปล่อยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.9 เข้าสู่กระเพาะปัสสาวะผ่านสายสวนสามทางอย่างต่อเนื่อง สารน้ำจะเข้าไปชะล้างและระบายเลือดออกสู่ถุงรองรับ หัวใจสำคัญคือการควบคุมอัตราการไหลให้สัมพันธ์กับสภาวะเลือดออกของผู้ป่วย หากปัสสาวะมีสีเข้มหรือมีลิ่มเลือดจะต้องเพิ่มความเร็วการไหลเพื่อชะล้างไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน และเมื่อสีจางลงจึงปรับลดอัตราการไหลลงตามความเหมาะสม ควบคู่ไปกับการติดตามปริมาตรสารน้ำคงเหลือเพื่อเปลี่ยนถุงน้ำเกลือให้ทันท่วงที ป้องกันไม่ให้น้ำเกลือหมดถุงซึ่งอาจส่งผลให้เกิดแรงดันย้อนกลับหรือการหยุดชะงักของการชะล้าง

ทฤษฎีเซนเซอร์โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor) เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานทางกลเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า (Transducer) อาศัยหลักการทำงานของสเตรนเกจ (Strain Gauge) ที่ติดตั้งอยู่บนวัสดุยืดหยุ่น เมื่อมีน้ำหนักหรือแรงมากระทำ วัสดุจะเกิดการบิดเบี้ยวขนาดเล็กส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป การจัดวงจรแบบบริดจ์ของวีตสโตน (Wheatstone Bridge) จะช่วยแปลงความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็กในหน่วยมิลลิโวลต์ ซึ่งจะถูกขยายสัญญาณและแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลเพื่อนำไปคำนวณค่าน้ำหนักต่อไป

ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นประมวลผลหลักของระบบ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สถาปัตยกรรม 32-bit Tensilica Xtensa Dual-Core ทำงานที่ความถี่นาฬิกาได้สูงสุด 240 MHz มีหน่วยความจำ SRAM และ Flash ในตัว พร้อมจุดเด่นด้านการรองรับการสื่อสารไร้สายทั้ง Wi-Fi

(802.11 b/g/n) และ Bluetooth/BLE ในชิปเดียว เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูลเซนเซอร์ในเวลาจริง (Real-time Processing) และการส่งต่อข้อมูลการตรวจวัดไปยังอุปกรณ์พกพาไร้สาย

ทฤษฎีการแสดงผลด้วยจอ LCD ขนาด 20x4 เป็นโมดูลแสดงผลผลึกเหลว (Liquid Crystal Display) ที่สามารถแสดงผลตัวอักษรและสัญลักษณ์ได้ 4 บรรทัด บรรทัดละ 20 ตัวอักษร ควบคุมการทำงานผ่านไอซีไดรเวอร์มาตรฐานร่วมกับโมดูลแปลงการสื่อสารอนุกรม I2C (PCF8574) เพื่อลดการใช้พอร์ตสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์เหลือเพียง 2 สาย (SDA และ SCL) ทำหน้าที่แสดงผลค่าปริมาตรสารน้ำ อัตราการไหล และสถานะระบบ ณ หน้าเตียงผู้ป่วยแบบเรียลไทม์

ทบทวนวรรณกรรมและเปรียบเทียบระบบ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าระบบนับหยดสารน้ำทั่วไปขาดความแม่นยำเมื่อใช้กับหัตถการ CBI ที่อัตราการไหลสูงและแปรผันตลอดเวลา จึงได้เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบเฝ้าระวังเดิมกับระบบที่พัฒนาขึ้น ดังตารางที่ 1

หัวข้อเปรียบเทียบ	ระบบเดิม (ใช้บุคลากร/สายตา)	ระบบที่พัฒนาขึ้น (ระบบอัตโนมัติ)
1. การวัดและความแม่นยำ	อ่านสเกลข้างถุงและนับหยด มีความคลาดเคลื่อนสูงตามผู้ประเมิน	วัดน้ำหนักด้วย Load Cell แปลงปริมาตรและอัตราการไหล (mL/s) แม่นยำร้อยละ 94.17
2. การเฝ้าระวังและแจ้งเตือน	พยาบาลต้องเดินมาตรวจสอบหน้าเตียงเป็นระยะ	แสดงผลเรียลไทม์ และแจ้งเตือนไร้สายทันทีเมื่อผิดเงื่อนไข
3. ภาระงานและความปลอดภัย	ภาระงานสูง เสี่ยงต่อการพบเหตุผิดปกติช้าจนเกิดลิ่มเลือดอุดตัน	ลดภาระงานตรวจซ้ำซ้อน เตือนภัยล่วงหน้าก่อนสารน้ำหมดหรือหยุดไหล

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระบบการเฝ้าระวัง CBI แบบเดิมและระบบที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

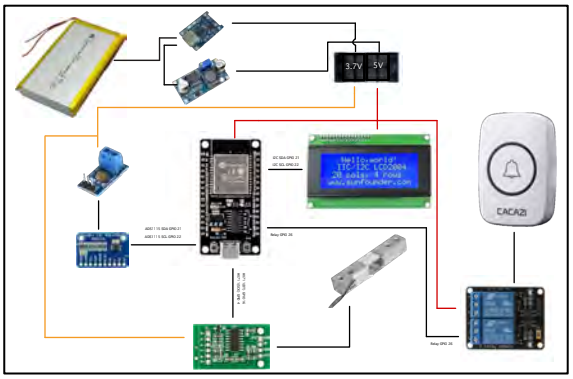
งานวิจัยนี้เกิดจากการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ ที่ไม่สามารถกำหนดอัตราการไหลของน้ำเกลือที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคน ทำให้มีผลกระทบการทำงานของพยาบาล ที่ต้องใช้เวลาในสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ และต้องคอยเฝ้าระวังผู้ป่วยเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เซนเซอร์ Load Cell มาคำนวณหาค่าระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือ โดยดำเนินการแจ้งเตือนระดับวิกฤตของน้ำเกลือ ทำให้พยาบาลสามารถดำเนินการได้อย่างปลอดภัย

วิธีดำเนินการวิจัย

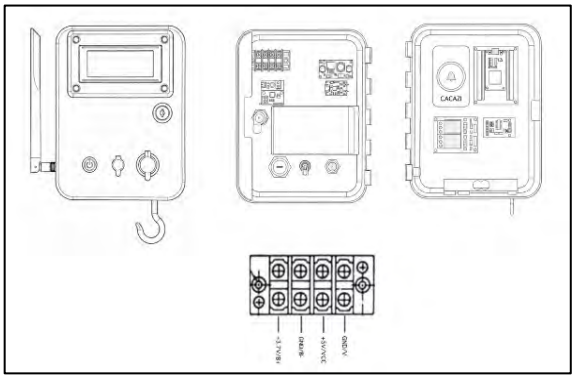
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ มุ่งเน้นพัฒนาระบบตรวจและติดตามระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือแบบอัตโนมัติสำหรับการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การออกแบบฮาร์ดแวร์ และการพัฒนาโปรแกรมประมวลผลข้อมูล ดังนี้

การออกแบบและพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์ตรวจวัด

ใช้ ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก เชื่อมต่อเซนเซอร์ Load Cell พิกัด 2 kg ร่วมกับโมดูล HX711 (24-bit) เพื่อวัดน้ำหนักและประมวลผลเป็นปริมาตร ติดตั้งโมดูลวัดแรงดันไฟฟ้าร่วมกับ ADS1115 (16-bit, I2C) เพื่อติดตามแบตเตอรี่ Li-Po 3.7 V ที่จ่ายไฟผ่านวงจร Step-up Converter 5 V DC ด้านการแสดงผลใช้จอ LCD 20x4 (I2C) แสดงปริมาตรและอัตราการไหล ณ หน้าเตียง พร้อมต่อรีเลย์ควบคุมกริ่งไร้สาย CACAZI เพื่อส่งสัญญาณเตือน อุปกรณ์ทั้งหมดบรรจุในกล่องติดตั้งใกล้ผู้ป่วย โดยมีจอ LCD สวิตช์ และช่องชาร์จด้านหน้า พร้อมตะขอแขวนเซนเซอร์ Load Cell ด้านล่าง



ภาพที่ 1 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 2 การออกแบบโครงสร้าง

การพัฒนาโปรแกรมประมวลผลและติดตามข้อมูล

โปรแกรมเน้นการรับสัญญาณและคำนวณติดตามปริมาตรกับอัตราการไหลแบบเรียลไทม์ เริ่มต้นอ่านค่าน้ำหนักจาก Load Cell หากน้ำหนัก ระบบจะหยุดประมวลผล หากมีน้ำหนัก จะนำไปคำนวณเป็นปริมาตร และ คำนวณอัตราการไหลเทียบกับเวลา

จากนั้นระบบจะประเมินเงื่อนไขความผิดปกติ 2 ประการพร้อมกัน ได้แก่ ปริมาตรคงเหลือ และอัตราการไหล หรือ หากไม่อยู่ในเกณฑ์ปกติ ระบบจะสั่งรีเลย์เปิดกริ่งแจ้งเตือนทันที แต่หากอยู่ในเกณฑ์ปกติจะแสดงค่าบนจอ LCD และวนลูปอ่านค่าเพื่อติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดสอบความแม่นยำในการวัดปริมาตรคงที่: นำถุงน้ำเกลือที่ระดับปริมาตร 1,081 mL, 800 mL และ 100 mL มาแขวนทดสอบกับอุปกรณ์ต้นแบบเทียบกับเครื่องชั่งดิจิทัลมาตรฐาน (KASSA รุ่น SS1032 พิกัด 5 kg/1 g) บันทึกผลซ้ำระดับละ 10 ครั้ง เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนและร้อยละความถูกต้อง

การทดสอบความแม่นยำของอัตราการไหล: ทำการปล่อยน้ำเกลือในปริมาตรเท่ากันภายใต้ การเปิดวาล์ว 180° และการเปิดวาล์ว 360° ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง บันทึกค่าอัตราการไหลจากระบบทุกๆ 40 วินาที แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับอัตราการไหลจริงที่คำนวณจากสูตรการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเทียบกับเวลาในช่วงเดียวกัน

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามเวลาจริง: บันทึกการลดลงของปริมาตรน้ำเกลือทุกๆ 100 mL (ตั้งแต่ 1,000 mL จนถึง 100 mL) เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ ในระว่างทำการเปิดวาล์ว 180° และเปิดวาล์ว 360° บันทึกการทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลการทดสอบทั้งหมดมาเปรียบเทียบและประเมินพฤติกรรมการไหลของระบบอย่างละเอียด

ผลการวิจัย

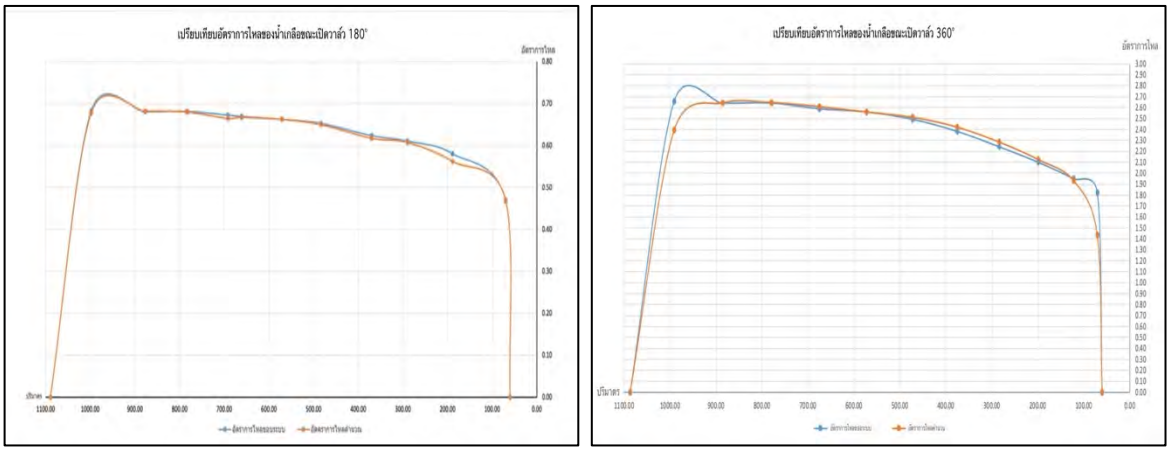
ผลการดำเนินการความแม่นยำในการวัดปริมาตรน้ำเกลือ

จากการทดสอบเปรียบเทียบค่าปริมาตรน้ำเกลือที่อ่านได้จากระบบ กับเครื่องชั่งดิจิทัลมาตรฐาน (KASSA รุ่น SS1032 พิกัด 5 kg/1 g) จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้อัตราส่วนการแปลงหน่วย 1 g เท่ากับ 1 mL พบว่าในการทดสอบทั้ง 3 ระดับปริมาตร ได้แก่ ระดับ 1,081 mL, 800 mL และ 100 mL ระบบสามารถอ่านค่าน้ำหนักและประมวลผลเป็นปริมาตรได้ตรงกับค่าจากเครื่องชั่งดิจิทัลมาตรฐานทุกครั้งทั้ง 10 ครั้งของการทดสอบ คิดเป็นความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0 และ มีความถูกต้องร้อยละ 100 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีความแม่นยำและความเสถียรสูงในการวัดปริมาตรน้ำเกลือ

ผลการดำเนินการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำเกลือ

จากการทดสอบเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่อ่านได้จากระบบ กับค่าอัตราการไหลจากการคำนวณจริง ทั้งในการปรับวาล์ว 180° และการปรับวาล์ว 360° พบว่าระบบสามารถตรวจวัดและแสดงแนวโน้มอัตราการไหลได้สอดคล้องกับค่าจากการคำนวณจริงอย่างใกล้ชิดในทุกสภาวะ

ในการปรับวาล์ว 180° เส้นกราฟแสดงพฤติกรรมการไหลมีการเกาะกลุ่มและทับซ้อนกันอย่างแม่นยำตลอดช่วงอัตราการไหลประมาณ 0.60 ถึง 0.70 mL/s คิดเป็นความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 94.17 และเมื่อทดสอบในการปรับวาล์ว 360° เส้นกราฟแสดงพฤติกรรมการไหลมีการเกาะกลุ่มและทับซ้อนกันอย่างแม่นยำตลอดช่วงอัตราการไหลประมาณ 2.10 ถึง 2.78 mL/s คิดเป็นความแม่นยำเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 97.45 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบในการติดตามอัตราการไหลได้ครอบคลุมทุกสภาวะการใช้งานจริง



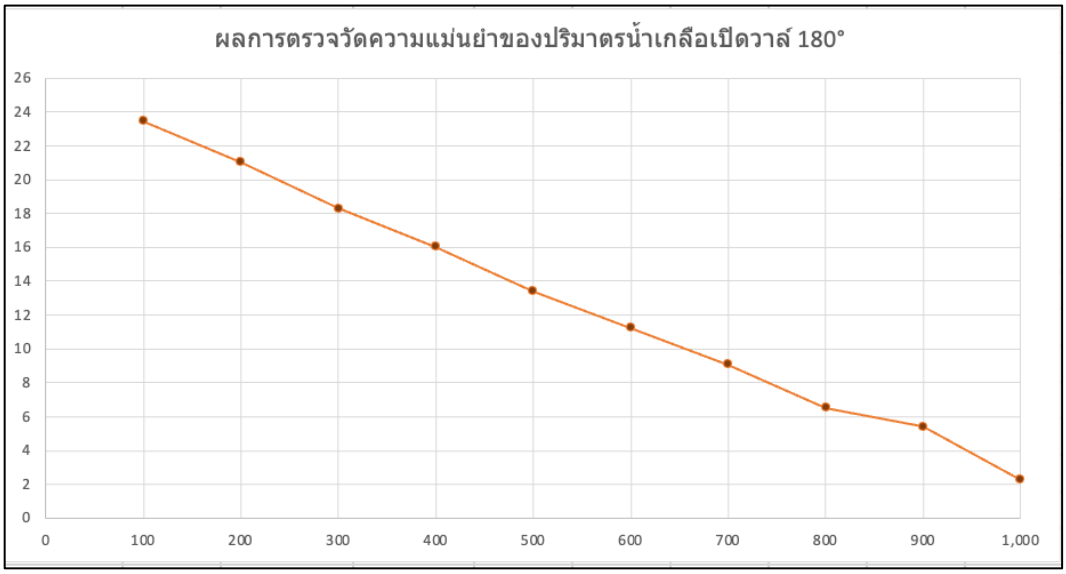
ภาพที่ 3 อัตราการไหลของน้ำเกลือเปิดวาล์ว 180° และ เปิดวาล์ว 360°

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามเวลาจริง

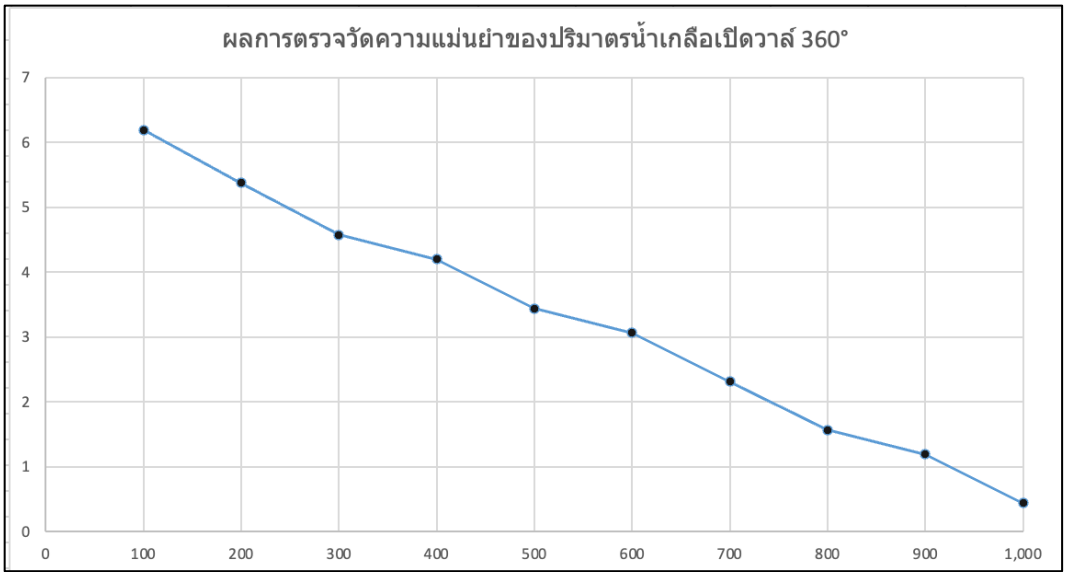
จากการทดสอบบันทึกเวลาที่ใช้ในการลดลงของปริมาตรน้ำเกลือทุกๆ 100 mL โดยทดสอบซ้ำสภาวะละ 10 ครั้ง ทั้งในสภาวะการไหลปกติ การไหลเร็ว และการไหลช้า รายละเอียดผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบพบว่า ในการเปิดวาล์ว 180 ° ใช้เวลา เฉลี่ยอยู่ที่ 23.47 นาที และ ในการเปิดวาล์ว 360° ใช้เวลาเฉลี่ย 6.31 นาที

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบซ้ำทั้ง 10 ครั้งในทุกสภาวะ พบว่าเวลาที่ระบบบันทึกได้ในแต่ละครั้งมีความใกล้เคียงกันมาก ตัวเลขไม่กระโดด และลดลงอย่างสม่ำเสมอตามปริมาตรจริง แสดงให้เห็นว่าระบบมีความแม่นยำ มีความเสถียร และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำเกลือได้จริงในทุกรูปแบบการใช้งาน



ภาพที่ 4 อัตราของเวลาการไหลของน้ำเกลือเปิดวาล์ว 180°



ภาพที่ 5 อัตราของเวลาการไหลของน้ำเกลือเปิดวาล์ว 360°

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจติดตามระดับและอัตราการไหลของน้ำเกลือ พบว่าระบบมีความแม่นยำในการตรวจวัดปริมาตรน้ำเกลือคงที่เทียบเท่ากับเครื่องชั่งดิจิทัลมาตรฐาน จากการทดสอบที่ระดับปริมาตร 1,081 mL, 800 mL และ 100 อัตราการไหลสามารถติดตามระดับและคำนวณค่าอัตราการไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 94.17 ในการปรับวาล์ว 180° และร้อยละ 97.45 ในการปรับวาล์ว 360° นอกจากนี้ การทดสอบตรวจวัดปริมาตรตามเวลาจริง 10 ครั้ง ทั้งในการปรับวาล์ว 180° และการปรับวาล์ว 360° ผลการเปิดวาล์วน้ำเกลือ 360° อัตราการไหลเร็วสูงสุด 2.78 มิลลิลิตรต่อวินาที อัตราการไหลต่ำสุด 2.10 มิลลิลิตรต่อวินาที ใช้เวลาจนน้ำเกลือหมด เฉลี่ย 6.31 นาที และผลทดลองการเปิดวาล์วน้ำเกลือ 180° อัตราการไหลเร็วสูงสุด 0.70 มิลลิลิตรต่อวินาที อัตราการไหลต่ำสุด 0.60 มิลลิลิตรต่อวินาที ใช้เวลาจนน้ำเกลือหมด เฉลี่ย 23.47 นาที ดังนั้นการเปิดวาล์ 180° แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับการลดลงของปริมาตรทุกๆ 100 mL ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีความเสถียรสม่ำเสมอทุกรอบการทดสอบ

จากการดำเนินการทำงานของการเปิดวาล์ว 180° มีอัตราการไหลของน้ำเกลือสอดคล้องกับการปฏิบัติงานของพยาบาลในเรื่องของสิทธิ์ CBI ที่ใช้ในงานปัจจุบัน ทำให้การปฏิบัติงานของพยาบาลมีความคล้องตัวสูงขึ้น

แนวทางในการพัฒนาสามรถนำไปใช้กับงานหัตถการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ,การสวนล้างทางเดินน้ำดี และ การสวนล้างแผลโพรงใต้ผิวหนัง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ ศุภกิจอนันต์คุณ. (2562). ภาระงานและความต้องการกำลังคนของพยาบาลวิชาชีพในหอผู้ป่วยหนัก. *วารสารพยาบาลศาสตร์*, 37(2), 55–68.

ชลสิทธิ์ พงษ์ประเสริฐ, และ นพดล เติมสุข. (2565). การประยุกต์ใช้โหลดเซลล์และไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการตรวจวัดน้ำหนักและปริมาตรของเหลวแบบเรียลไทม์. *วารสารวิจัยและพัฒนาทางวิศวกรรมศาสตร์*, 33(4), 115–26.

ธนาวุฒิ ศรีสมบูรณ์. (2566). ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติสำหรับการให้สารน้ำในผู้ป่วยวิกฤต. *วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ*, 16(3), 112–125.

นงนภัส วงศ์วิวัฒน์, และ สุมาลี ชัยเจริญ. (2564). การดูแลพยาบาลผู้ป่วยหลังผ่าตัดต่อมลูกหมากและได้รับการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่อง. *วารสารการพยาบาลศัลยศาสตร์และออร์โธปิดิกส์*, 11(2), 34–46.

ประวิทย์ สุวรรณโชติ, และ ชัยวัฒน์ วงศ์อนันต์. (2564). การประมวลผลสัญญาณและลดสัญญาณรบกวนสำหรับเซนเซอร์วัดน้ำหนักในงานอุตสาหกรรมทางการแพทย์. *วิศวสารลาดกระบัง*, 38(3), 77–89.

ปรีชา ชัยเจริญ. (2566). *เทคโนโลยีเซนเซอร์และระบบสมองกลฝังตัวสำหรับการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พัชรี สุวรรณรัตน์, และ วิไลวรรณ สมบูรณ์. (2565). ประสิทธิภาพการเฝ้าระวังการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะอย่างต่อเนื่องในผู้ป่วยผ่าตัดระบบทางเดินปัสสาวะ. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 49(3), 102–115.

พิชิตชัย วงศ์สวัสดิ์. (2565). การประเมินความคลาดเคลื่อนของการให้สารน้ำและน้ำเกลือในผู้ป่วยชั้นวิกฤต: บทบาทของเทคโนโลยีสนับสนุนการปฏิบัติงาน. *วารสารสภาการพยาบาล*, 37(1), 15–28.

ภานุวัฒน์ เลิศพาณิชย์กุล. (2563). *ตำราศัลยศาสตร์ระบบทางเดินปัสสาวะ: การบริหารจัดการภาวะเลือดออกในกระเพาะปัสสาวะและการสวนล้างกระเพาะปัสสาวะ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศิริราช.

สาธกา เรืองรัตนถาวร. (2565). ผลของภาระงานพยาบาลต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ. *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*, 16(1), 89–102.

สมเกียรติ ตั้งจิตเจริญ. (2566). การคำนวณและติดตามอัตราการไหลของของเหลวในสายยางด้วยเทคโนโลยีน้ำหนักเชิงอัตโนมัติ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 30(2), 88–99.

อนันต์ ศรีสุข, และ นที วงศ์ไพศาล. (2565). การพัฒนาระบบเฝ้าระวังอัตราการไหลของน้ำเกลือผ่านระบบไร้สายสำหรับงานพยาบาล. *วารสารวิชาการศรีปทุม*, 22(2), 201–214.

อภิชาต เลิศพาณิชย์. (2564). *หลักการทำงานและการประยุกต์ใช้งานโหลดเซลล์ร่วมกับชุดแปลงสัญญาณ HX711*. ปทุมธานี: ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.



กรอบการทำงานสำหรับการสร้างแผงควบคุมเว็บแอปพลิเคชันด้วยปัญญาประดิษฐ์จากโครงสร้างฐานข้อมูล โดยใช้เวิร์กโฟลว์และกฎควบคุม

ชนม์วรินทร์ เมธาโชติวัชรากุล[1*] และ เตชค์ฐสิณป์ เพียซ้าย[2]

[1,2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
9/9 หมู่ 9 ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

*2679600888@stou.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 065-596-9554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสร้างแผงควบคุมเว็บแอปพลิเคชันตามกรอบการทำงานที่ออกแบบไว้โดยใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์และกฎการควบคุม และ 2) เพื่อประเมินผลต้นแบบระบบที่ถูกสร้างด้วยหลักการที่นำเสนอ

การพัฒนาแผงควบคุมเว็บแอปพลิเคชันเป็นงานที่สำคัญในการพัฒนาระบบสารสนเทศโดยเฉพาะระบบที่ต้องจัดการข้อมูลหลังบ้าน เช่น การเพิ่ม แก้ไข ลบ ค้นหา และแสดงผลข้อมูล เป็นต้น ซึ่งมักมีขั้นตอนซ้ำและใช้เวลาในการพัฒนา งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยพัฒนาต้นแบบระบบและประเมินผลเปรียบเทียบระหว่างการสร้างด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบทั่วไปกับการสร้างด้วยปัญญาประดิษฐ์ภายใต้กรอบการทำงานที่มีโครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์และกฎการควบคุม โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการพัฒนาที่ขับเคลื่อนด้วยการทดสอบตั้งแต่ขั้นตอนแรก (Shift-Left TDD) ในด้านระยะเวลา จำนวนขั้นตอนหลักในการดำเนินงาน ความถูกต้องของฟังก์ชัน ความพึงพอใจของผู้พัฒนา และคุณภาพหรือความปลอดภัยเบื้องต้นของระบบ

ผลลัพธ์การทดลอง พบว่า 1) การใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์และกฎการควบคุมกับระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถสร้างต้นแบบระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 2) ต้นแบบระบบที่สร้างด้วยหลักการที่นำเสนอได้อัตราผ่าน test case ร้อยละ 99

คำสำคัญ แผงควบคุมผู้ดูแลระบบ, โครงสร้างฐานข้อมูล, เวิร์กโฟลว์, กฎการควบคุม, วิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนด้วยปัญญาประดิษฐ์, การสร้างโค้ด, การพัฒนาแบบ Test-Driven

A Framework for AI-Driven Web Application Panel Generation from Database Schema Using Workflow and Rule-Based Control

Chonvarin Methachotwatcharakul[1*], and Tejtasin Phiasai[2]

[1,2] School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University
9/9 Moo 9, Bang Phut, Pak Kret, Nonthaburi 11120

*2679600888@stou.ac.th, Mobile Phone: 065-596-9554

Abstract

This research aims to 1) develop a prototype of a web application panel generator under a designed framework using database schema, workflow, and rule-based control, and 2) evaluate the created prototype of the system using the proposed principle.

The development of the web application panel was important for developing an information system. Especially, the system needs to manage backend data such as inserting, editing, deleting, searching, and monitoring. These management had repeatedly steps and took time to develop. This research proceeded to develop the prototype system and evaluated it by comparing general AI with AI-driven approaches using database schema, workflow, and rule-based control, incorporating the Shift-Left Test-Driven Development (Shift-Left TDD) approach, for time, number of main steps, accuracy of functions, satisfaction of the developer, and quality of the basic security system.

The results show that 1) using the database schema, workflow, and rule-based control with an AI-driven system can create the system prototype effectively, and 2) the system prototype created by the proposed principle has a pass test cases ratio of 99%.

Keywords: admin panel, database schema, workflow, rule-based control, AI-assisted software engineering, code generation, Test-Driven Development

1. บทนำ

แผงควบคุมของเว็บแอปพลิเคชัน (web application) ทำหน้าที่จัดการข้อมูลหลังบ้าน เช่น การเพิ่ม การแก้ไข การลบ การค้นหา การแสดงผลข้อมูล และการตรวจสอบข้อมูลและการกำหนดสิทธิ์การใช้งานเบื้องต้น เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่พบได้ในระบบซอฟต์แวร์หลายประเภท และมักมีขั้นตอนที่ซ้ำจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อต้องการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่มีเข้าถึงข้อมูลในหลายตารางข้อมูลหรือมีความสัมพันธ์ของข้อมูลมากขึ้น แม้ในปัจจุบันจะมีการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์หรือเอไอ (Artificial Intelligent: AI) หรือเครื่องมือสร้างโค้ดอัตโนมัติเข้ามาช่วยเพื่อลดระยะเวลาการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ แต่แนวทางดังกล่าวยังเป็นการทำงานแยกส่วนกัน ขาดการใช้โครงสร้างฐานข้อมูล (database schema) มาเป็นตัวตั้งต้นอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ การใช้ปัญญาประดิษฐ์สร้างโค้ดเพียงอย่างเดียวมักเกิดข้อผิดพลาดทางตรรกะ และขาดการรันทดสอบ (testing) ที่น่าเชื่อถือ และขาดการบูรณาการแนวคิดการทดสอบอัตโนมัติ (automated testing) และขาดการพัฒนาที่ขับเคลื่อนด้วยการทดสอบ (test-driven development: TDD) ที่ควรผสมผสานเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกฎควบคุมตั้งแต่ขั้นตอนแรก (Shift-Left TDD) เพราะหากผสมผสานเข้าด้วยกันจะเป็นการรับประกันว่าโค้ดที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้จริงตามโครงสร้างฐานข้อมูลที่กำหนด

ดังนั้น แนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบอัตโนมัติและการสร้างโค้ดอัตโนมัติ หรือ Software Automation and Code Generation จึงเป็นแนวคิดที่มุ่งลดภาระของผู้พัฒนาในงานที่มีลักษณะซ้ำ โดยใช้เครื่องมือหรือกระบวนการช่วยสร้างองค์ประกอบของซอฟต์แวร์จากข้อมูลนำเข้า แบบจำลอง แม่แบบ หรือข้อกำหนดที่กำหนดไว้ล่วงหน้า แนวคิดนี้สอดคล้องกับหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่ให้ความสำคัญกับการลดงานซ้ำ การควบคุมคุณภาพ และการทำให้กระบวนการพัฒนามีความเป็นระบบ หลักการสำคัญของการสร้างโค้ดอัตโนมัติ คือ การแปลงข้อมูลหรือข้อกำหนดที่มีโครงสร้างให้กลายเป็นโค้ดหรือองค์ประกอบของระบบ เช่น model, controller, route, form, table view, validation rule และ test case เป็นต้น แนวคิดนี้เหมาะกับระบบที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำและสามารถกำหนด pattern ได้ชัดเจน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้เป็นฐานในการลดงานซ้ำของการสร้างแผงควบคุมผู้ดูแลระบบ เนื่องจากระบบประเภทนี้มักมีองค์ประกอบซ้ำในหลายโมดูล เช่น CRUD, validation, table listing และ search เป็นต้น ตัวอย่างเช่น โมดูล Category และ Product ต่างต้องมีฟังก์ชันการเพิ่ม การแก้ไข การลบ การค้นหา และการแสดงรายการข้อมูล แต่โมดูล Product มีรายละเอียดเพิ่มเติม ได้แก่ ความสัมพันธ์กับ Category ผ่านฟิลด์ category_id ดังนั้น การสร้างโค้ดอัตโนมัติจึงช่วยลดการสร้างองค์ประกอบพื้นฐานซ้ำ และทำให้ผลลัพธ์ของแต่ละโมดูลมีรูปแบบใกล้เคียงกัน

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสร้างแผงควบคุมเว็บแอปพลิเคชันตามกรอบการทำงานที่ออกแบบไว้โดยใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์และกฎในการควบคุม และ 2) เพื่อประเมินผลต้นแบบระบบที่ถูกสร้างด้วยหลักการที่นำเสนอ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้อาศัยแนวคิดและทฤษฎีทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบอัตโนมัติ การใช้แบบจำลองหรือสคีมาเป็นฐานในการพัฒนา การใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยสร้างโค้ด และการ

ควบคุมกระบวนการด้วยเวิร์กโฟลว์และกฎการควบคุม แนวคิดเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นฐานในการออกแบบกรอบการทำงานสำหรับระบบสร้างแผงควบคุมของผู้ดูแลระบบจากโครงสร้างฐานข้อมูล ได้แก่

1) Aloklah และคณะ (2022), Uyanık และ Sayar (2023) และ Vukosav และคณะ (2025) อธิบายแนวคิดของการสร้างโค้ดอัตโนมัติ คือการแปลงข้อมูลหรือข้อกำหนดที่มีโครงสร้างให้กลายเป็นโค้ดหรือองค์ประกอบของระบบ เช่น model, controller, route, form, table view, validation rule และ test case แนวคิดนี้เหมาะกับระบบที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำและสามารถกำหนด pattern ได้ชัดเจน ทำให้สามารถลดงานซ้ำของการสร้างแผงควบคุมผู้ดูแลระบบได้

2) Arboleda และ Royer (2012) และ Sousa, Ries และ Guelfi (2024) อธิบายแนวคิด Model-Driven Software Engineering (MDSE) และ Model-Driven Architecture (MDA) เป็นแนวคิดที่ใช้แบบจำลองเป็นศูนย์กลางของการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยแบบจำลองทำหน้าที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างหรือข้อกำหนดของระบบ ก่อนนำไปสู่การออกแบบหรือสร้างองค์ประกอบของซอฟต์แวร์เพื่อลดความคลุมเครือในการพัฒนา และทำให้การสร้างซอฟต์แวร์สามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังข้อมูลตั้งต้นได้ แนวคิดนี้ประยุกต์ใช้ Database Schema หรือ JSON Schema เป็นแบบจำลองตั้งต้นของระบบ เนื่องจากแผงควบคุมผู้ดูแลระบบมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างข้อมูลในฐานข้อมูล

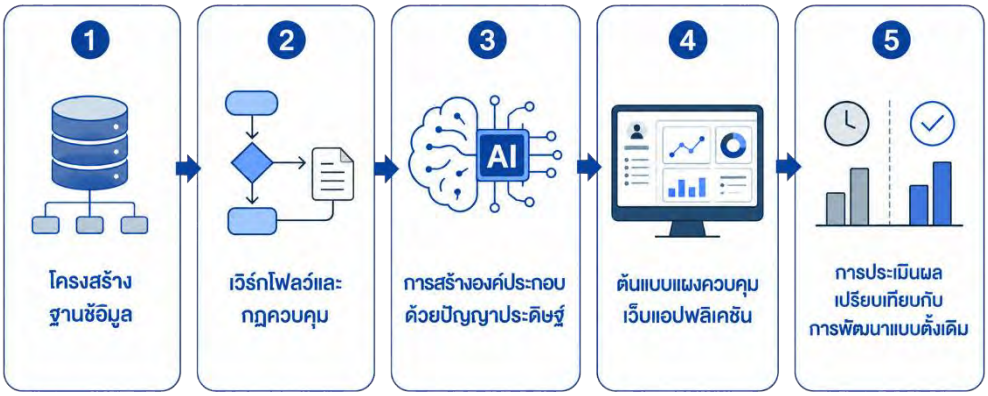
3) Uyanık และ Sayar (2023), Fadillah และคณะ (2025) และ Vukosav และคณะ (2025) อธิบายแนวคิด Low-code และ No-code Development เป็นแนวทางการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ลดการเขียนโค้ดด้วยมือ โดยใช้เครื่องมือ แม่แบบ ส่วนประกอบสำเร็จรูป หรือส่วนติดต่อผู้ใช้แบบภาพ เพื่อให้การสร้างระบบทำได้รวดเร็วขึ้น แนวคิดนี้เน้นการยกระดับการพัฒนาจากการเขียนโค้ดโดยตรง ไปสู่การกำหนดโครงสร้างหรือเงื่อนไขของระบบในระดับที่เข้าใจง่ายกว่าเพื่อลดภาระของผู้พัฒนาในงานที่มีลักษณะซ้ำและช่วยให้การสร้างระบบพื้นฐานสามารถทำได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะระบบที่มีโครงสร้างชัดเจน เช่น ระบบฟอร์ม ระบบจัดการข้อมูล และระบบหลังบ้าน

4) Zhang และคณะ (2024), Huang และคณะ (2023) อธิบายแนวคิด AI-assisted Software Engineering และ LLM-based Code Generation เป็นแนวคิดที่นำปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ มาใช้ช่วยในงานวิศวกรรมซอฟต์แวร์ เช่น การสร้างโค้ด การอธิบายโปรแกรม การตรวจสอบข้อผิดพลาด การสร้างเอกสาร และการสร้างชุดทดสอบ เป็นต้น งานวิจัยด้าน LLM for Software Engineering ชี้ให้เห็นว่า LLM สามารถสนับสนุนกิจกรรมด้านซอฟต์แวร์ได้หลายขั้นตอน แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความถูกต้อง ความสม่ำเสมอ และความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ โดยแนวคิดการใช้ AI เป็นเครื่องมือเพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนา แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรปล่อยให้ AI สร้างผลลัพธ์อย่างไร้กรอบควบคุม เนื่องจากผลลัพธ์อาจขึ้นอยู่กับ prompt และการตีความของแบบจำลอง

5) Hong และคณะ (2024), Arboleda และ Royer (2012), Sousa และคณะ (2024) สนับสนุนแนวคิด Workflow-based Process Control และ Rule-based Control เป็นแนวคิดที่ใช้ลำดับขั้นตอนและเงื่อนไขควบคุมกระบวนการทำงาน เพื่อให้ผลลัพธ์เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้ แนวคิดนี้สามารถเชื่อมโยงกับ Software Product Line Engineering ซึ่งเน้นการใช้โครงสร้างร่วม หรือ core assets และการจัดการความแตกต่าง หรือ variability ของระบบในกลุ่มเดียวกัน ระบบที่มีลักษณะคล้ายกันสามารถใช้โครงสร้างร่วมได้ แต่ต้องมีกลไกควบคุมส่วนที่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้เวิร์กโฟลว์เพื่อกำหนดลำดับการสร้างระบบ เช่น รับสคีมา ตรวจสอบสคีมา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วางแผนองค์ประกอบสร้างโค้ด และตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นต้น และส่วนกฎใช้สำหรับการควบคุมรายละเอียด เช่น กฎการตั้งชื่อ กฎชนิดข้อมูล กฎ foreign key กฎ validation และกฎ test case เป็นต้น

6) Freeman และ Pryce (2010),Huang และคณะ (2023) และ Jimenez และคณะ (2024) อธิบายแนวคิด Test-Driven Development (TDD) , Shift-left Testing และ Automated Verification เป็นแนวคิดสำหรับการตรวจสอบคุณภาพของซอฟต์แวร์ตั้งแต่ช่วงต้นของกระบวนการพัฒนา ไม่ใช่ตรวจสอบหลังจากสร้างระบบเสร็จแล้ว แนวคิด TDD เน้นการกำหนด test case เพื่อชี้นำการพัฒนา ส่วน Shift-left Testing เน้นการย้ายกิจกรรมทดสอบไปไว้ในช่วงต้นของกระบวนการ และ Automated Verification ใช้กลไกอัตโนมัติเพื่อตรวจสอบว่าผลลัพธ์ทำงานตรงตามเงื่อนไขหรือไม่ แนวคิดนี้ทำให้การตรวจสอบคุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการพัฒนา แทนที่จะเป็นกิจกรรมปลายทาง

ดังนั้น จากแต่ละแนวคิดซึ่งมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้จะเสนอกรอบการทำงานที่บูรณาการจุดแข็งของแต่ละแนวคิดผสมผสานเข้าด้วยกัน โดยใช้สคีมาเป็นข้อมูลนำเข้า แล้วใช้ AI เป็นกลไกช่วยสร้างระบบ และใช้เวิร์กโฟลว์กำหนดลำดับงานร่วมกับการใช้การควบคุมด้วยกฎควบคุมผลลัพธ์ และใช้การทดสอบเป็นกลไกตรวจสอบความถูกต้องของระบบต้นแบบ ดังกรอบแนวคิดในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

โดยตัวแปรต้น คือ แนวทางการสั่งงานปัญญาประดิษฐ์ ได้แก่ แนวทางการสั่งงานด้วยพรอมต์เพียงอย่างเดียว และแนวทางการควบคุมกระบวนการด้วยเวิร์กโฟลว์และกฎกำกับ และตัวแปรตาม ได้แก่ Test pass rate, total passed tests, total failed tests, perfect trial count, failed test case pattern, development duration, จำนวน API calls, จำนวนไฟล์ที่เกี่ยวข้อง และ traceability และตัวแปรควบคุม ได้แก่ แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์, Laravel application, SQLite database, schema, requirement, Pest test suite, จำนวน test cases และขอบเขตโมดูล Product/Category

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเปรียบเทียบโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันบนเฟรมเวิร์ก Laravel สำหรับโมดูล Product และ Category โดยเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการสั่งงานปัญญาประดิษฐ์ด้วยพรอมต์เพียงอย่างเดียว และแนวทางการควบคุมกระบวนการสร้างระบบโดยใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับ ทั้งในรูปแบบการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์หลายครั้งและการเรียกใช้เพียงครั้งเดียว

เพื่อให้การเปรียบเทียบมีความเที่ยงตรง ผู้วิจัยควบคุมระบบต้นแบบ ข้อกำหนดของระบบ ชุดทดสอบ แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ และสภาพแวดล้อมการทดลองให้เหมือนกันทุกแนวทาง โดยแต่ละรอบเริ่มต้นจากสถานะระบบเดียวกัน ทั้งนี้ แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับชุดเดียวกัน แตกต่างกันเฉพาะจำนวนครั้งในการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์ ส่วนแนวทาง

ที่ 1 ใช้เป็นแนวทางพื้นฐานของการสั่งงานด้วยพรอมต์ทั่วไป โดยไม่ได้รับเอกสารโครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และรายการกฎกำกับ

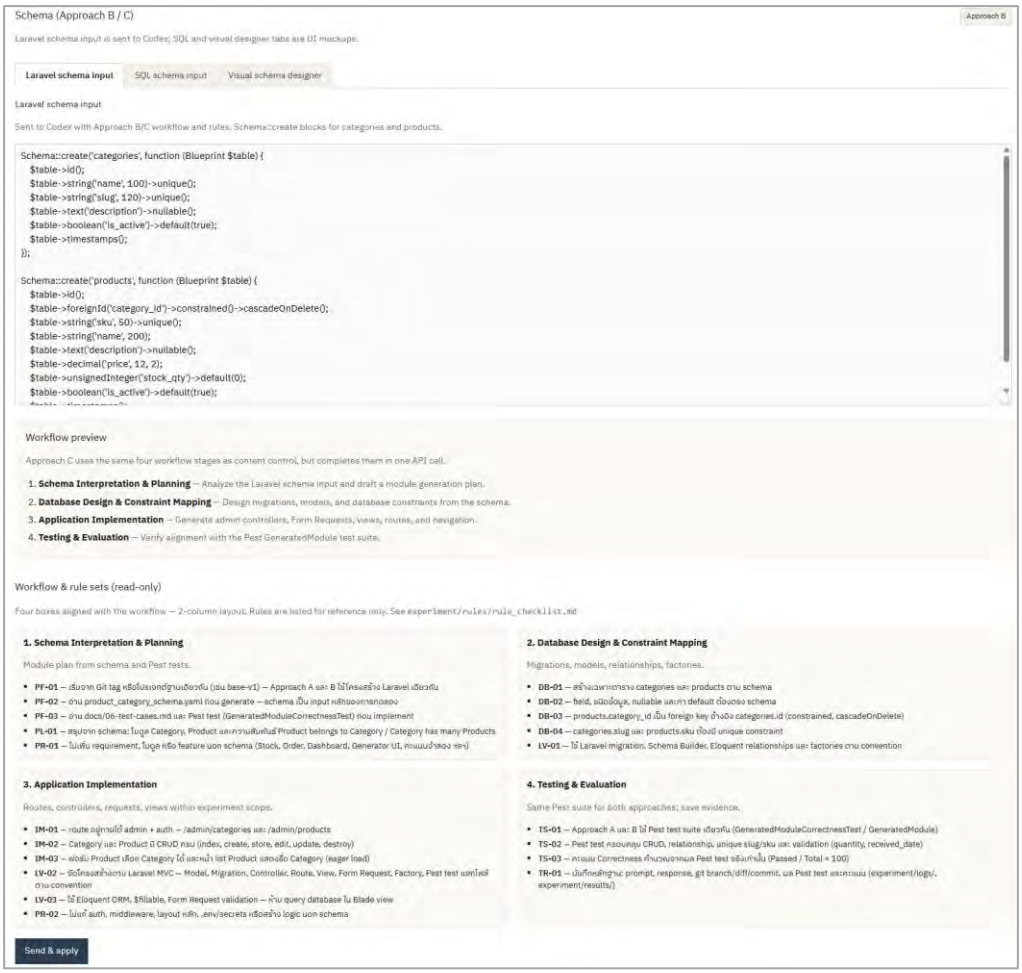
การทดลองดำเนินการรวม 15 รอบ แบ่งเป็นแนวทางที่ 1 แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 แนวทางละ 5 รอบ โดยในแต่ละรอบใช้ชุดทดสอบ Pest จำนวน 20 กรณีทดสอบ ดังนั้น แต่ละแนวทางมีผลการทดสอบรวม 100 รายการ และมีผลการทดสอบทั้งหมด 300 รายการ ทั้งนี้ ใช้หนึ่งรอบการทดลองเป็นหน่วยวิเคราะห์หลัก และใช้ผลของกรณีทดสอบภายในรอบเพื่อประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์

แนวทางที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบ่งออกเป็น 3 แนวทาง ดังนี้

1) แนวทางที่ 1 เป็นแนวทางการสั่งงานปัญญาประดิษฐ์ด้วยพรอมต์เพียงอย่างเดียว โดยสั่งงานด้วยพรอมต์หลักเพียงครั้งเดียว ไม่มีการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงาน ไม่มีเอกสารโครงสร้างฐานข้อมูล และไม่มีรายการกฎกำกับเพิ่มเติม แนวทางนี้ใช้แทนรูปแบบการใช้งานปัญญาประดิษฐ์ทั่วไปที่ผู้ใช้อธิบายความต้องการแล้วให้ปัญญาประดิษฐ์สร้างผลลัพธ์โดยตรง

2) แนวทางที่ 2 เป็นแนวทางการควบคุมกระบวนการสร้างระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์โดยใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับจำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่ การวิเคราะห์และวางแผน การจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูล การสร้างโค้ด และการตรวจสอบผลลัพธ์ แต่ละขั้นเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์แยกจากกัน รวม 4 ครั้งต่อรอบการทดลอง ดังรูปที่ 2

3) แนวทางที่ 3 เป็นแนวทางการควบคุมกระบวนการสร้างระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์โดยใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับชุดเดียวกับแนวทางที่ 2 แต่รวมคำสั่งและข้อกำหนดของทั้ง 4 ขั้นไว้ในการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์เพียงครั้งเดียว เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลและประสิทธิภาพระหว่างการดำเนินงานแบบเรียกใช้หลายครั้งและแบบเรียกใช้ครั้งเดียว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนแสดงเวิร์กโฟลว์และกฎการควบคุม

สำหรับการทดลองได้กำหนดเครื่องมือและสภาพแวดล้อมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เครื่องมือและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ	วัตถุประสงค์ในการใช้งาน
Laravel application	ใช้เป็นระบบต้นแบบสำหรับพัฒนาโมดูลทดลอง
SQLite database	ใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบ
OpenAI Responses API	ใช้เชื่อมต่อกับแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์
Experiment console	ใช้ส่งพรอมต์และบันทึกผลการทดลอง
Pest test framework	ใช้เป็นเครื่องมือทดสอบอัตโนมัติแบบ unit/feature testing และใช้ผลทดสอบเป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์
Git branch	ใช้แยกผลลัพธ์ของแต่ละรอบการทดลองและเก็บหลักฐานการเปลี่ยนแปลงไฟล์
Schema document	ใช้กำหนดโครงสร้างข้อมูลของโมดูลทดลอง
Workflow document	ใช้กำหนดขั้นตอนการทำงานของแนวทางที่มีการควบคุมกระบวนการ

เครื่องมือ	วัตถุประสงค์ในการใช้งาน
Rule checklist	ใช้กำกับและตรวจสอบผลลัพธ์ของแนวทางที่มีการควบคุมกระบวนการ
Log files	ใช้เก็บหลักฐานการทดลองและสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับ

ขอบเขตของโมดูลที่ใช้ในการทดลอง: โมดูลหรือโครงสร้างฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โมดูลจัดการสินค้า (products) ประกอบด้วยฟิลด์หลักได้แก่ category_id, sku, name, description, price, stock_qty, is_active, created_at, updated_at และหมวดหมู่สินค้า (categories) ประกอบด้วยฟิลด์หลักได้แก่ name, slug, description, is_active, created_at, updated_at ในส่วนผู้ดูแลระบบ ซึ่งเป็นฟังก์ชันพื้นฐานของระบบจัดการข้อมูลสินค้าและกลุ่มฟังก์ชันที่ต้องการสร้างในการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ฟังก์ชันที่คาดหวังจากโมดูลทดลอง

กลุ่มฟังก์ชัน	รายละเอียด
Category Management	เพิ่ม แก้ไข ลบ และแสดงรายการหมวดหมู่สินค้า
Product Management	เพิ่ม แก้ไข ลบ และแสดงรายการสินค้า
Validation	ตรวจสอบค่าว่าง ค่าซ้ำ ราคาติดลบ และจำนวนสินค้าติดลบ
Relationship	เชื่อมโยงข้อมูลสินค้ากับหมวดหมู่สินค้า
Search และ Filter	ค้นหาสินค้าด้วยชื่อและกรองสินค้าตามหมวดหมู่
Category Product Count	แสดงจำนวนสินค้าภายในแต่ละหมวดหมู่
Admin Routes และ Navigation	กำหนด route ภายใต้ส่วนผู้ดูแลระบบและสร้างเมนูสำหรับเข้าถึงโมดูล
Access Control	ป้องกันผู้ใช้ที่ยังไม่เข้าสู่ระบบไม่ให้เข้าถึง admin routes

ตัวชี้วัดการทดลอง ประกอบด้วย 1) Test pass rate คือจำนวนกรณีทดสอบที่ผ่านหารด้วยจำนวนกรณีทดสอบทั้งหมด 2) Total passed tests คือจำนวนกรณีทดสอบที่ผ่านรวมของแต่ละแนวทาง 3) Total failed tests คือจำนวนกรณีทดสอบที่ไม่ผ่านรวมของแต่ละแนวทาง 4) Perfect trial count คือจำนวนรอบการทดลองที่ผ่านครบ 20/20 test cases 5) Failed test case pattern คือจำนวนและรูปแบบของ test cases ที่ล้มเหลวซ้ำ 6) Development duration คือระยะเวลาเฉลี่ยของการทดลองแต่ละแนวทาง 7) API calls คือจำนวนครั้งในการเรียกใช้ OpenAI Responses API ต่อรอบการทดลอง 8) จำนวนไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไข และ 9) ความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับระหว่างข้อกำหนดโครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ รายการกฎกำกับ ไฟล์ และกรณีทดสอบ โดยตัวชี้วัดเชิงปริมาณรายงานผลเป็นรายรอบ และสรุปด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของแต่ละแนวทาง ส่วนความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับรายงานจากหลักฐานที่บันทึกไว้ในแต่ละรอบการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองสำหรับแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 โดยสรุปประกอบด้วย 1) การวางแผน คือวิเคราะห์โครงสร้างฐานข้อมูลและข้อกำหนดเพื่อวางแผนเส้นทางการทำงาน ตัวควบคุม แบบจำลอง การตรวจสอบข้อมูล ส่วนติดต่อผู้ใช้ และชุดทดสอบ 2) การจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูล คือสร้างหรือปรับปรุงไฟล์ migration, model และ factory ให้สอดคล้องกับโครงสร้างฐานข้อมูล 3) การสร้างโค้ด คือ สร้าง controller, form request, Blade view, route และ navigation และ 4) การทดสอบ คือ ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อกำหนด รายการกฎกำกับ และกรณีทดสอบ Pest โดยแนวทางที่ 2

เรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์แยกตาม 4 ขั้น ส่วนแนวทางที่ 3 รวมทั้ง 4 ขั้นไว้ในการเรียกใช้เพียงครั้งเดียว ชุดทดสอบ Pest ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าและใช้ชุดเดียวกันทุกแนวทางโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการทดลอง ในแต่ละรอบการทดลอง ระบบส่งเฉพาะพรอมต์ระดับระบบและพรอมต์ของผู้ใช้ไปยัง OpenAI Responses API โดยไม่มีเครื่องมือสำหรับเปิดอ่านไฟล์ภายในที่เก็บซอร์สโค้ดของโครงการ แม้แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 จะมีการอ้างอิงตำแหน่งของไฟล์ชุดทดสอบ Pest และรายการกฎกำกับ แต่ไม่ได้แนบเนื้อหาซอร์สโค้ดของกรณีทดสอบไปยังปัญญาประดิษฐ์ การรันชุดทดสอบ Pest ดำเนินการภายหลังจากนำผลลัพธ์ที่ปัญญาประดิษฐ์สร้างไปใช้กับระบบแล้ว และไม่มีการส่งผลการทดสอบหรือข้อความผิดพลาดกลับไปให้ปัญญาประดิษฐ์ปรับแก้โค้ดภายในรอบการทดลองเดียวกัน รายการกฎกำกับของแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายการกฎกำกับของแนวทางที่ 2

ลำดับ	กฎกำกับ
1	route ต้องอยู่ภายใต้ admin/auth group
2	migration ต้องตรงกับ schema ที่กำหนด
3	model ต้องกำหนด relationship ระหว่าง Product และ Category อย่างถูกต้อง
4	validation ต้องครอบคลุม required fields
5	slug ของ category ต้อง unique
6	sku ของ product ต้อง unique
7	product ต้องไม่สามารถมีราคาติดลบได้
8	product ต้องไม่สามารถมีจำนวน stock ติดลบได้
9	product ต้องสามารถค้นหาด้วยชื่อได้
10	product ต้องสามารถกรองตาม category ได้
11	category list ต้องแสดงจำนวน product ได้
12	ต้องมี navigation menu สำหรับเข้าถึงโมดูล
13	guest user ต้องไม่สามารถเข้าถึง admin routes ได้
14	ต้องไม่สร้าง simulated score
15	ต้องไม่สร้าง generator UI ที่อยู่นอกขอบเขตการทดลอง
16	ต้องจัดโครงสร้างไฟล์ให้สอดคล้องกับ Laravel convention
17	ต้องใช้ naming convention ที่ตรวจสอบได้
18	ต้องแยกความรับผิดชอบระหว่าง controller, request และ view อย่างเหมาะสม
19	ต้องมีหลักฐานเชื่อมโยง requirement กับ test cases
20	ต้องสามารถตรวจสอบผลลัพธ์ซ้ำได้จาก log files และ test result

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยพัฒนาโมดูล Product และ Category จำนวน 5 รอบต่อแนวทาง รวม 15 รอบการทดลอง พบว่าทั้งสามแนวทางให้ผลแตกต่างกันทั้งด้านความถูกต้อง ระยะเวลา และจำนวนไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไข โดยแนวทางที่ 1 ซึ่งใช้พรอมต์เพียงอย่างเดียวผ่านกรณีทดสอบรวม 33 จาก 100 รายการ คิดเป็นร้อยละ 33 ขณะที่แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ซึ่ง

ใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับ ผ่านกรณีทดสอบรวมแนวทางละ 99 จาก 100 รายการ คิดเป็นร้อยละ 99 ผลการทดลองรายรอบของทั้งสามแนวทางแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองรวมระหว่างสามแนวทาง

แนวทาง	รอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	อัตราผ่าน (%)	ผ่านครบ 20/20	จำนวนไฟล์	ระยะเวลา (วินาที)
1	1	6	14	30	ไม่ผ่าน	23	133
	2	6	14	30	ไม่ผ่าน	22	138
	3	7	13	35	ไม่ผ่าน	26	143
	4	7	13	35	ไม่ผ่าน	23	151
	5	7	13	35	ไม่ผ่าน	22	142
2	1	19	1	95	ไม่ผ่าน	40	369
	2	20	0	100	ผ่าน	44	359
	3	20	0	100	ผ่าน	45	357
	4	20	0	100	ผ่าน	46	373
	5	20	0	100	ผ่าน	44	349
3	1	20	0	100	ผ่าน	20	162
	2	20	0	100	ผ่าน	20	166
	3	20	0	100	ผ่าน	21	181
	4	20	0	100	ผ่าน	20	184
	5	19	1	95	ไม่ผ่าน	23	171

จากตารางที่ 4 พบว่าแนวทางที่ 1 ไม่มีรอบการทดลองใดผ่านครบทั้ง 20 กรณีทดสอบ โดยมีอัตราการผ่านอยู่ระหว่างร้อยละ 30–35 ส่วนแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 มีรอบที่ผ่านครบทั้งหมด แนวทางละ 4 จาก 5 รอบ สะท้อนให้เห็นว่าแนวทางที่ใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับช่วยเพิ่มความถูกต้องของผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ผลรายรอบยังไม่เพียงพอสำหรับเปรียบเทียบแนวโน้มโดยรวม จึงนำข้อมูลมาคำนวณสถิติเชิงพรรณนา ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สถิติเชิงพรรณนาของผลการทดลอง

ตัวชี้วัด	แนวทาง	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ผลรวม
อัตราการผ่านกรณีทดสอบ (%)	1	33.00	2.74	30	35	33/100
	2	99.00	2.24	95	100	99/100
	3	99.00	2.24	95	100	99/100
ระยะเวลาในการพัฒนา (วินาที)	1	141.40	6.66	133	151	707
	2	361.40	9.63	349	373	1,807
	3	172.80	9.47	162	184	864
จำนวนไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไข	1	23.20	1.64	22	26	116
	2	43.80	2.28	40	46	219
	3	20.80	1.30	20	23	104

จากตารางที่ 5 แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 มีอัตราการผ่านกรณีทดสอบเฉลี่ยเท่ากันที่ร้อยละ 99 ขณะที่แนวทางที่ 1 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 33 เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลา แนวทางที่ 2 ใช้เวลาเฉลี่ย 361.40 วินาที สูงกว่าแนวทางที่ 3 ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 172.80 วินาที ส่วนแนวทางที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 141.40 วินาที แต่มีความถูกต้องต่ำที่สุด นอกจากนี้ แนวทางที่ 3 ยังมีจำนวนไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไขเฉลี่ยต่ำกว่าแนวทางที่ 2 จึงแสดงให้เห็นว่าแนวทางที่ 3 สามารถรักษาความถูกต้องในระดับเดียวกับแนวทางที่ 2 แต่ใช้เวลาและมีขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของไฟล์น้อยกว่า

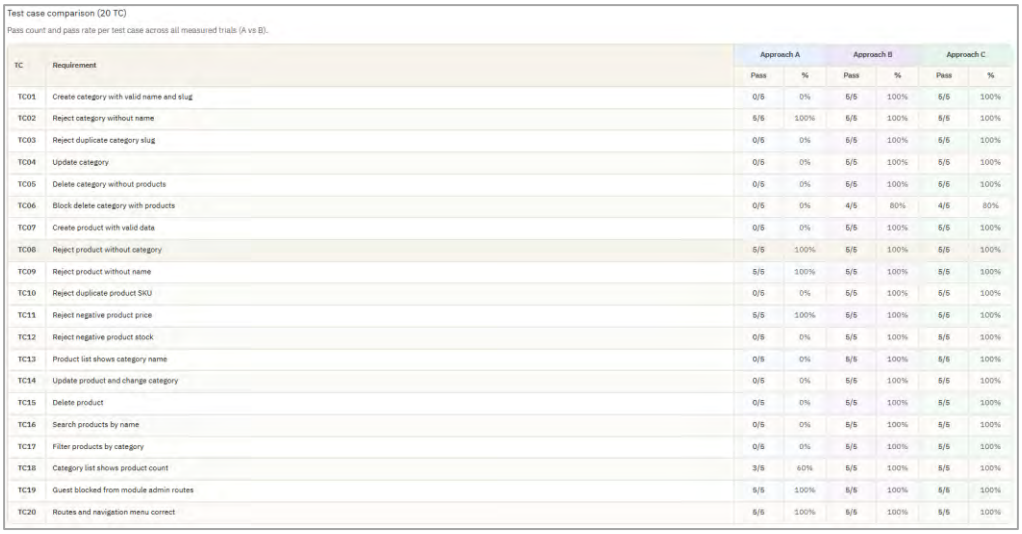
เพื่อพิจารณาว่าความผิดพลาดของแต่ละแนวทางเกิดขึ้นเฉพาะกรณีหรือมีรูปแบบที่เกิดซ้ำ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์กรณีทดสอบที่ล้มเหลวจำแนกตามกลุ่มฟังก์ชันและรอบการทดลอง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รูปแบบของกรณีทดสอบที่ล้มเหลว

แนวทาง	รูปแบบความล้มเหลว	จำนวนกรณีที่ล้มเหลว	ลักษณะการเกิดซ้ำ	ข้อสังเกต
1	ล้มเหลวในหลายกลุ่มฟังก์ชัน ได้แก่ การสร้างและแก้ไขหมวดหมู่, การตรวจสอบข้อมูลซ้ำ, การลบข้อมูล, ความสัมพันธ์, การค้นหา, การกรอง และการแสดงจำนวนสินค้า	67/100	หลายกรณีล้มเหลวซ้ำครบทั้ง 5 รอบ	ข้อกำหนดทั่วไปบางรายการผ่านสม่ำเสมอ แต่ข้อกำหนดเฉพาะและเงื่อนไขทางธุรกิจส่วนใหญ่ยังไม่ครบถ้วน
2	กรณีทดสอบการป้องกันการลบหมวดหมู่ที่ยังมีสินค้า	1/100	เกิดในรอบที่ 1 เพียงครั้งเดียว	ไม่พบความล้มเหลวซ้ำในรอบที่ 2–5
3	กรณีทดสอบการป้องกันการลบหมวดหมู่ที่ยังมีสินค้า	1/100	เกิดในรอบที่ 5 เพียงครั้งเดียว	ไม่พบความล้มเหลวในกรณีทดสอบอื่น

จากตารางที่ 6 พบว่าแนวทางที่ 1 มีความล้มเหลวกระจายในหลายกลุ่มฟังก์ชัน ได้แก่ การสร้างและแก้ไขข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลซ้ำ การลบข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล การค้นหา การกรอง และการแสดงจำนวนสินค้า โดยหลายกรณีเกิดซ้ำในทั้ง 5 รอบการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการใช้พรอมต์ทั่วไปยังไม่สามารถควบคุมข้อกำหนดเฉพาะและเงื่อนไขทางธุรกิจได้อย่างสม่ำเสมอ ในทางตรงกันข้าม แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ล้มเหลวเพียงแนวทางละ 1 กรณี และเป็นกรณีทดสอบเดียวกัน คือ การป้องกันการลบหมวดหมู่ที่ยังมีสินค้า แต่เกิดขึ้นในคนละรอบการทดลอง จึงไม่ปรากฏเป็นรูปแบบความล้มเหลวที่เกิดซ้ำอย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาผลแยกตามกรณีทดสอบทั้ง 20 กรณี พบว่าแนวทางที่ 1 มีกรณีทดสอบที่ไม่ผ่านกระจายในหลายรายการ ขณะที่แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ผ่านเกือบทุกกรณีครบทั้ง 5 รอบ โดยมีเพียงกรณีทดสอบ TC06 ที่ผ่าน 4 จาก 5 รอบ หรือคิดเป็นร้อยละ 80 ผลการเปรียบเทียบรายกรณีทดสอบแสดงในรูปที่ 3



Test case comparison (20 TC)

Pass count and pass rate per test case across all measured trials (A vs B).

TC	Requirement	Approach A		Approach B		Approach C	
		Pass	%	Pass	%	Pass	%
TC01	Create category with valid name and slug	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC02	Reject category without name	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%
TC03	Reject duplicate category slug	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC04	Update category	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC05	Delete category without products	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC06	Block delete category with products	0/5	0%	4/5	80%	4/5	80%
TC07	Create product with valid data	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC08	Reject product without category	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%
TC09	Reject product without name	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%
TC10	Reject duplicate product SKU	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC11	Reject negative product price	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%
TC12	Reject negative product stock	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC13	Product list shows category name	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC14	Update product and change category	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC15	Delete product	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC16	Search products by name	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC17	Filter products by category	0/5	0%	5/5	100%	5/5	100%
TC18	Category list shows product count	3/5	60%	5/5	100%	5/5	100%
TC19	Guest blocked from module admin routes	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%
TC20	Routes and navigation menu correct	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%

รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบกรณีทดสอบของทั้งสามแนวทาง

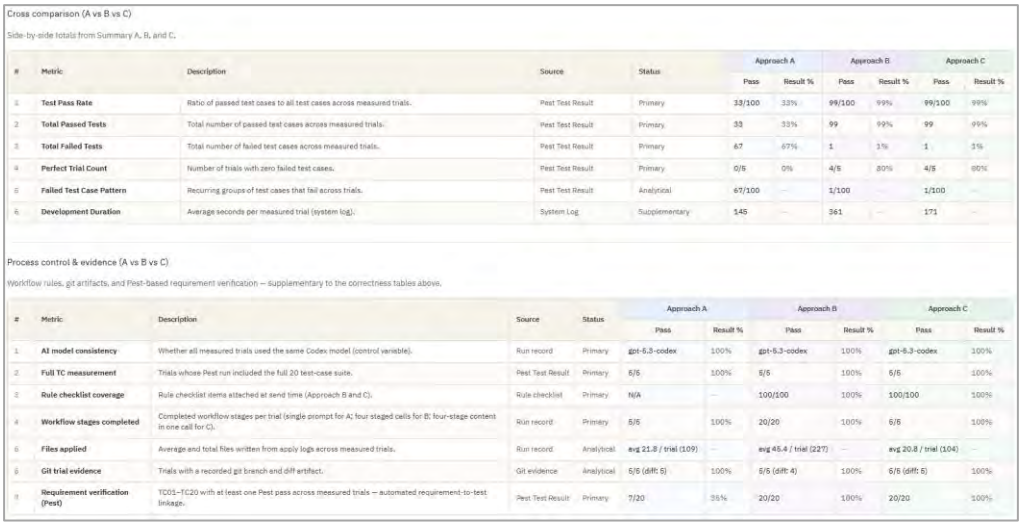
นอกจากผลด้านความถูกต้องและรูปแบบของกรณีทดสอบที่ล้มเหลวแล้ว งานวิจัยนี้ยังประเมินความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับของแต่ละแนวทาง โดยพิจารณาจากหลักฐานประกอบ ได้แก่ รหัสรอบการทดลองและ Git branch บันทึกการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์ ขั้นตอนเวิร์กโฟลว์ รายการกฎกำกับ รายการไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไข และความเชื่อมโยงระหว่างกรณีทดสอบกับผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 หลักฐานการตรวจสอบย้อนกลับของการทดลอง

หลักฐาน	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3
รหัสรอบการทดลองและ Git branch	มีครบ 5 รอบ	มีครบ 5 รอบ	มีครบ 5 รอบ
บันทึกการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์และ Log	มี	มี	มี
การบันทึกขั้นตอนเวิร์กโฟลว์ (1 ชุดคำสั่ง)	1 ขั้นต่อรอบ	4 ขั้นต่อรอบ	ครอบคลุม 4 ขั้น
รายการกฎกำกับ	ไม่มี	20 ข้อทุกรอบ	20 ข้อทุกรอบ
รายการไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไข	116 ไฟล์	219 ไฟล์	104 ไฟล์
การเชื่อมโยงกรณีทดสอบและผลการทดสอบ	33/100 ผ่าน	99/100 ผ่าน	99/100 ผ่าน

จากตารางที่ 7 พบว่าทั้งสามแนวทางมีหลักฐานพื้นฐาน ได้แก่ รหัสรอบการทดลอง Git branch บันทึกการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์ รายการไฟล์ และผลการทดสอบ อย่างไรก็ตาม แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 มีเวิร์กโฟลว์และกฎกำกับจำนวน 20 ข้อเพิ่มเติม ขณะที่แนวทางที่ 1 ไม่มีองค์ประกอบดังกล่าว จึงทำให้แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 สามารถติดตามความเชื่อมโยงตั้งแต่ข้อกำหนด โครงสร้างฐานข้อมูล ขั้นตอนการดำเนินงาน ไฟล์ที่เกี่ยวข้อง ไปจนถึงกรณีทดสอบและผลการทดสอบได้อย่างเป็นระบบมากกว่าแนวทางที่ 1 ทั้งนี้ จำนวนไฟล์ใช้เป็นข้อมูลประกอบด้านขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของระบบ ไม่ได้ใช้แทนตัวชี้วัดด้านความถูกต้อง

เมื่อสรุปผลการทดลองในภาพรวม แนวทางที่ 1 มีข้อได้เปรียบด้านระยะเวลา แต่มีอัตราการผ่านกรณีทดสอบต่ำที่สุด ส่วนแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 มีอัตราการผ่านเท่ากันที่ร้อยละ 99 อย่างไรก็ตาม แนวทางที่ 3 ใช้เวลาเฉลี่ยต่ำกว่าแนวทางที่ 2 ใช้การเรียกปัญญาประดิษฐ์เพียง 1 ครั้งต่อรอบแทน 4 ครั้ง และมีจำนวนไฟล์ที่ถูกสร้างหรือแก้ไขเฉลี่ยน้อยกว่า ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดหลักของทั้งสามแนวทางแสดงในรูปที่ 4



Cross comparison (A vs B vs C)

Side-by-side totals from Summary A, B, and C.

#	Metric	Description	Source	Status	Approach A		Approach B		Approach C	
					Pass	Result %	Pass	Result %	Pass	Result %
1	Test Pass Rate	Ratio of passed test cases to all test cases across measured trials.	Pest Test Result	Primary	33/100	33%	99/100	99%	99/100	99%
2	Total Passed Tests	Total number of passed test cases across measured trials.	Pest Test Result	Primary	33	33%	99	99%	99	99%
3	Total Failed Tests	Total number of failed test cases across measured trials.	Pest Test Result	Primary	67	67%	1	1%	1	1%
4	Perfect Trial Count	Number of trials with zero failed test cases.	Pest Test Result	Primary	0/5	0%	4/5	80%	4/5	80%
5	Failed Test Case Pattern	Recurring groups of test cases that fail across trials.	Pest Test Result	Analytical	67/100	—	1/100	—	1/100	—
6	Development Duration	Average seconds per measured trial (system log).	System Log	Supplementary	145	—	361	—	171	—

Process control & evidence (A vs B vs C)

Workflow rules, git artifacts, and Pest-based requirement verification — supplementary to the correctness tables above.

#	Metric	Description	Source	Status	Approach A		Approach B		Approach C	
					Pass	Result %	Pass	Result %	Pass	Result %
1	AI model consistency	Whether all measured trials used the same Codex model (control variable).	Run record	Primary	gpt-5.3-codex	100%	gpt-5.3-codex	100%	gpt-5.3-codex	100%
2	Full TC measurement	Trials whose Pest run included the full 20 test-case suite.	Pest Test Result	Primary	5/5	100%	5/5	100%	5/5	100%
3	Rule checklist coverage	Rule checklist items attached at send time (Approach B and C).	Rule checklist	Primary	N/A	—	100/100	100%	100/100	100%
4	Workflow stages completed	Completed workflow stages per trial (single prompt for A; four staged calls for B; four-stage content in one call for C).	Run record	Primary	5/5	100%	20/20	100%	5/5	100%
5	Files applied	Average and total files written from apply logs across measured trials.	Run record	Analytical	avg 21.8 / trial (109)	—	avg 45.4 / trial (227)	—	avg 20.8 / trial (104)	—
6	Git trial evidence	Trials with a recorded git branch and diff artifact.	Git evidence	Analytical	5/5 (diff: 5)	100%	5/5 (diff: 4)	100%	5/5 (diff: 5)	100%
7	Requirement verification (Pest)	TC01–TC20 with at least one Pest pass across measured trials — automated requirement-to-test linkage.	Pest Test Result	Primary	7/20	35%	20/20	100%	20/20	100%

รูปที่ 4 ผลการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแนวทางที่ 1,แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าแนวทางที่ 3 สามารถรักษาความถูกต้องในระดับเดียวกับแนวทางที่ 2 แต่มีประสิทธิภาพด้านระยะเวลาและจำนวนครั้งในการเรียกใช้ปัญญาประดิษฐ์สูงกว่า ขณะที่แนวทางที่ 1 แม้ใช้เวลาน้อยที่สุด แต่ให้ผลด้านความถูกต้องต่ำกว่าสองแนวทางที่มีกรอบควบคุมอย่างชัดเจน ดังนั้น ภายใต้ขอบเขตของโมดูล Product และ Category และกฎกำกับจำนวน 20 ข้อ แนวทางที่ 3 จึงให้ความสมดุลระหว่างความถูกต้องและประสิทธิภาพมากที่สุดในการทดลองครั้งนี้

การวิเคราะห์ใช้รอบการทดลองจำนวน 5 รอบต่อแนวทางเป็นหน่วยวิเคราะห์หลัก และรายงานผลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด โดยไม่ได้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากจำนวนรอบการทดลองต่อแนวทางมีจำกัด

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองจำนวน 5 รอบต่อแนวทาง พบว่าแนวทางที่ 1 ซึ่งใช้พรอมต์เพียงอย่างเดียวผ่านกรณีทดสอบรวม 33 จาก 100 รายการ คิดเป็นร้อยละ 33 ขณะที่แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ซึ่งใช้โครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับ ผ่านกรณีทดสอบรวมแนวทางละ 99 จาก 100 รายการ คิดเป็นร้อยละ 99 และมีรอบที่ผ่านครบทั้ง 20 กรณีทดสอบจำนวน 4 จาก 5 รอบเท่ากัน ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การกำหนดข้อมูลนำเข้าและกระบวนการควบคุมอย่างเป็นระบบช่วยให้ปัญญาประดิษฐ์สร้างโค้ดที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบได้ดีกว่าการใช้พรอมต์ทั่วไป โดยเฉพาะในส่วนของการตรวจสอบข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่าง Product และ Category การค้นหา การกรองข้อมูล และเงื่อนไขทางธุรกิจที่ต้องอาศัยกฎเฉพาะ อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบแนวทางที่ 1 กับแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบกรอบการดำเนินงานโดยรวม เนื่องจากแนวทางที่ 1 ไม่ได้รับโครงสร้างฐานข้อมูล เวิร์กโฟลว์ และกฎกำกับ จึงยังไม่สามารถแยกผลขององค์ประกอบแต่ละส่วนออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์

เมื่อเปรียบเทียบแนวทางที่ 2 กับแนวทางที่ 3 ซึ่งใช้องค์ประกอบควบคุมชุดเดียวกัน พบว่าทั้งสองแนวทางให้ความถูกต้องเท่ากัน แต่แนวทางที่ 3 ใช้เวลาเฉลี่ย 172.80 วินาที ต่ำกว่าแนวทางที่ 2 ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 361.40 วินาที และใช้การเรียกปัญญาประดิษฐ์เพียง 1 ครั้งแทน 4 ครั้ง จึงสะท้อนว่า ภายใต้ขอบเขตของโมดูล Product และ Category และกฎกำกับจำนวน 20 ข้อ การดำเนินงานแบบครั้งเดียวยังสามารถรักษาความถูกต้องได้ในระดับเดียวกับการแบ่งเป็นหลายขั้น การวิเคราะห์กรณีทดสอบที่ล้มเหลว

ยังพบว่าแนวทางที่ 1 มีข้อผิดพลาดกระจายในหลายฟังก์ชันและเกิดซ้ำในหลายรอบ ขณะที่แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ล้มเหลวเพียงแนวทางละ 1 กรณี ซึ่งเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการป้องกันการลบหมวดหมู่ที่ยังมีสินค้า ผลนี้แสดงให้เห็นว่ากรอบการควบคุมช่วยลดความผิดพลาดได้อย่างมาก แต่ยังไม่สามารถรับประกันความถูกต้องครบถ้วนในทุกครั้ง เนื่องจากผลลัพธ์ของปัญญาประดิษฐ์ยังอาจแปรผันได้แม้ใช้ข้อกำหนดและสภาพแวดล้อมเดียวกัน

งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดจากการทดลองกับโมดูลเพียง 2 โมดูล ใช้แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์เพียงรุ่นเดียว มีจำนวนรอบทดลองเพียง 5 รอบต่อแนวทาง และใช้กฎกำกับจำนวน 20 ข้อภายใต้ระบบที่มีความซับซ้อนไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงตั้งข้อสันนิษฐานว่า หากเพิ่มจำนวนกฎ เพิ่มความซับซ้อนของเงื่อนไขทางธุรกิจ หรือเพิ่มความสัมพันธ์ของข้อมูลหลายระดับ ความแตกต่างระหว่างแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 อาจปรากฏชัดขึ้น โดยแนวทางที่แบ่งการดำเนินงานเป็นหลายขั้นอาจได้เปรียบในการจัดการข้อกำหนดจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ข้อสันนิษฐานดังกล่าวยังไม่ได้รับการทดสอบโดยตรงในงานวิจัยนี้ ดังนั้น ผลการทดลองในครั้งนี้จึงสรุปได้เพียงว่า ภายใต้ขอบเขตปัจจุบัน แนวทางที่ 3 ให้ความถูกต้องเท่ากับแนวทางที่ 2 แต่ใช้เวลาและจำนวนครั้งในการเรียกปัญญาประดิษฐ์น้อยกว่า และควรมีการทดลองเพิ่มเติมก่อนนำผลไปอ้างอิงกับระบบที่มีความซับซ้อนสูงขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

Aloklah, A., Gad, W., Aref, M., & Salem, A. B. (2022). Source code generation based on NLP and ontology. International Journal of Intelligent Computing and Information Sciences, 22(4), 1–12. https://doi.org/10.21608/ijicis.2022.117905.1160

Arboleda, H., & Royer, J.-C. (2012). Model-driven and software product line engineering. ISTE Ltd/John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781118561379

Fadillah, A. R., Nova, L. E., Prawira, N. A., & Nurdin. (2025). Automatic CRUD code generation from UML models for low-code platforms: A model-driven engineering approach. In 2025 International Conference on Information Technology Research and Innovation (ICITRI). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICITRI67507.2025.11232843

Freeman, S., & Pryce, N. (2010). Growing object-oriented software, guided by tests. Addison-Wesley.

Hong, S., Zhuge, M., Chen, J., Zheng, X., Cheng, Y., Zhang, C., Wang, J., Wang, Z., Yau, S. K. S., Lin, Z., Zhou, L., Ran, C., Xiao, L., Wu, C., & Schmidhuber, J. (2024). MetaGPT: Meta programming for a multi-agent collaborative framework. In International Conference on Learning Representations (ICLR). https://arxiv.org/abs/2308.00352

Huang, D., Zhang, J. M., Luck, M., Bu, Q., Qing, Y., & Cui, H. (2023). AgentCoder: Multi-agent code generation with effective testing and self-optimisation. arXiv. https://arxiv.org/abs/2312.13010

Jimenez, C. E., Yang, J., Wettig, A., Yao, S., Pei, K., Press, O., & Narasimhan, K. (2024). SWE-bench: Can language models resolve real-world GitHub issues? In International Conference on Learning Representations (ICLR). https://arxiv.org/abs/2310.06770

Sousa, T., Ries, B., & Guelfi, N. (2024). Model-driven software product line engineering of AI-based applications for achieving the sustainable development goals: Vision paper. In Proceedings of the ACM/IEEE 27th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS Companion '24) (pp. 1–5). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3652620.3687798

Uyanık, B., & Sayar, A. (2023). Developing web-based process management with automatic code generation. Applied Sciences, 13(21), Article 11737. https://doi.org/10.3390/app132111737

Vukosav, D., Banjac, D., Ljubojević, M., & Savić, M. (2025). CodeCrafter: Efficient code generator for modern single-page web applications. International Journal of Electrical Engineering and Computing, 9(1), 1–9. https://doi.org/10.7251/IJEEC2501001V

Zhang, Q., Fang, C., Xie, Y., Zhang, Y., Yang, Y., Sun, W., Yu, S., & Chen, Z. (2024). A survey on large language models for software engineering. arXiv. https://arxiv.org/abs/2312.15223

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงานรูปทรงไม่สมมาตร

เชษฐ อุทธิยัง[1*] และวัชรินทร์ สิทธิเจริญ[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*E-mail, chet_tde@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงาน เพื่อหาขนาดในการม้วนขอบที่เหมาะสม โดยชิ้นงานม้วนขอบจะต้องม้วนขอบได้ โดยนำชิ้นงานรูปทรงไม่สมมาตร ขนาดกว้างxยาวxสูง ที่ 75x123x30 mm เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ความหนา 0.5 mm ทำการตัดขอบชิ้นงานและนำชิ้นงานอัดม้วนขอบ โดยแม่พิมพ์ตัดขอบชิ้นงานให้มีปีกที่ 5 mm และแม่พิมพ์อัดม้วนขอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 5 และ 7 mm ความเร็วในการปั๊มตัดขอบคือ 20 ครั้งต่อนาที พบว่า ชิ้นงานอัดม้วนขอบขนาด Ø5 mm ขนาดกว้าง 74.21 ยาว 121.25 สูง 27.38 mm มีความสมบูรณ์ เนื่องจากความยาวของแผ่นชิ้นงานก่อนการม้วนขอบที่พอดี ขณะที่ชิ้นงานอัดม้วนขอบขนาด Ø3 mm และ Ø7 mm จะไม่สมบูรณ์

คำสำคัญ: แม่พิมพ์ตัดขอบ, แม่พิมพ์อัดม้วนขอบ, ชิ้นงานรูปทรงไม่สมมาตร, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอัดม้วนขอบ

Design and making of a curling die for forming the edges of asymmetrical workpieces

Chet Uthiyoung[1*] and Watcharin Sitticharoen[1]

[1] Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna,
128 Huay Kaew Road, Muang, Chaingmai, Thailand, 50300

*E-mail, chet_tde@hotmail.com

Abstract

The objective of this research was to design and making a trimming die and a curl-forming die for edge curling, and to determine the optimum curl diameter for the edge curling process. The curled workpiece was required to achieve a complete and defect-free edge curl. An asymmetric workpiece with dimensions of 75×123×30 mm was fabricated from 0.5 mm thick SUS 304 stainless steel. The workpiece was first trimmed using the trimming die and then subjected to the edge curling process using the curl-forming die. The trimming die was designed to produce a 5 mm flange, while the curl-forming die was manufactured with curl diameters of 3, 5 and 7 mm. The trimming operation was performed at a stamping speed of 20 strokes per minute (SPM).

The results indicated that the workpiece formed using the Ø5 mm curl-forming die achieved a complete and defect-free edge curl, with final dimensions of 74.21 mm × 121.25 mm × 27.38 mm (width × length × height). This was because the flange length prior to edge curling was appropriate for the curling operation. In contrast, the workpieces formed using the Ø3 mm and Ø7 mm curl-forming dies exhibited incomplete edge curls.

Keyword: Trimming Die, Curling Die, Asymmetrical Workpieces, Curling Diameter

1. บทนำ

การม้วนขอบ เป็นกระบวนการพับขอบของแผ่นโลหะหรือขอบของผลิตภัณฑ์ให้เป็นวงกลมโดยไม่มีลวดลายเพื่อสร้างขอบปากหรือขอบที่ยกขึ้น โดยทั่วไปเทคนิคนี้จะใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับขอบของชิ้นงาน ป้องกันขอบมีคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้งานที่คำนึงถึงความปลอดภัย และมีความสวยงาม การพับขอบสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการต่างๆ รวมถึงเครื่องมือช่างเครื่องมือพับขอบ หรือการกดเบรกด้วยแม่พิมพ์หน้าแปลนที่ออกแบบพิเศษ สามารถพับขอบได้หลายมุม ขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ต้องการ และเนื่องจากมีชิ้นงานลากขึ้นรูป (Deep Drawing) รูปทรงที่มีขนาดไม่สมมาตร ดังรูปที่ 1 ดังนั้นจึงทำการกดตัดขอบชิ้นงาน (Trimming) ให้ได้ขนาดตามต้องการ และอัดม้วนขอบชิ้นงาน เพื่อให้เกิดความแข็งแรงและสวยงามของชิ้นงานต่อไป การใช้แม่พิมพ์ปั๊มโลหะในงานวิจัยในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขามที่ใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับการตัดแผ่นงาน (Blanking) (ธรรม์ณชาติ และคณะ, 2558) งานวิจัยในการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์โลหะที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเน้นไปที่กระบวนการขึ้นรูปวงล้อสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การจำลองแบบ การออกแบบโครงสร้างแม่พิมพ์ตลอดจนการลดต้นทุนและข้อผิดพลาดในการผลิต (ประกาศิต และคณะ, 2566) งานวิจัยที่ใช้แม่พิมพ์แบบต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์โดยออกแบบแผ่นสตริป กำหนดทิศทางการป้อนตัด (ปริญญา และยอดนภา, 2562) งานวิจัยที่ศึกษาการสปริงกลับของแผ่นโลหะโดยใช้แม่พิมพ์ดัดแบบไวปิ้งรูปตัวแอล (บุญส่ง และคณะ, 2563) งานวิจัยที่ศึกษาความสามารถในการดัดขึ้นรูปของอะลูมิเนียม AA6016 ที่รัศมีการดัดขึ้นรูปต่ำให้เห็นลักษณะของพื้นผิวการดัด (ณัฐศักดิ์, 2564) และงานวิจัยการเกิดดีดตัวกลับของชิ้นงานพับขึ้นรูปตัววีโดยการใช้แม่พิมพ์ที่ผลิตจากวัสดุพอลิเมอร์โดยเทคโนโลยีเผาหลอมผงด้วยเลเซอร์ (ภาสพิรุฬห์ และคณะ, 2565)

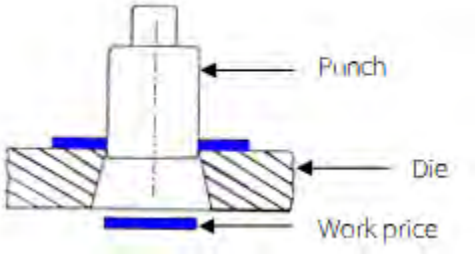
ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์โดยการออกแบบแม่พิมพ์กดตัดขอบชิ้นงานโดยใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับการตัดแผ่นงาน และการออกแบบแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงาน (Curling Die) โดยการออกแบบอินเสิร์ตพันช์และดายของแม่พิมพ์กดตัดขอบชิ้นงานและแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงานโดยใช้ชุดแม่พิมพ์ชุดเดิม เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานต่อไป



รูปที่ 1 ชิ้นงานรูปทรงไม่สมมาตร

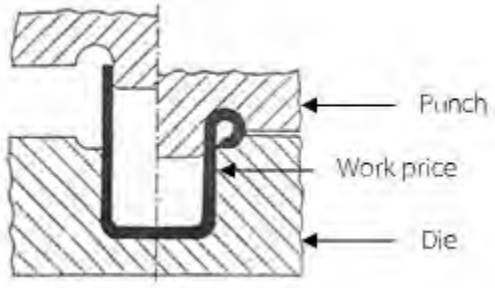
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แม่พิมพ์ตัด (Blanking die) เป็นงานกดตัดขึ้นรูปโดยใช้คมตัดของพันช์ และดายที่ติดตั้งบนเครื่องเพรสกดตัดลงบนแผ่นงานให้ขาดออกจากกัน โดยส่วนที่ถูกตัดออก เรียกว่า แผ่นชิ้นงาน (Work price) ดังรูปที่ 2 การหาขนาดช่องว่างระหว่างพันช์กับดายในแม่พิมพ์ตัดสำหรับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม เท่ากับ 5–8 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแผ่นชิ้นงาน (ชาญชัย และคณะ, 2563) โดยกำหนดขนาดของดายตามขนาดของปีกขอบชิ้นงาน แล้วลดขนาดของพันช์ลงตามขนาดช่องว่างระหว่างพันช์กับดาย



รูปที่ 2 แม่พิมพ์ตัด

งานอัดม้วนขอบ (Curling) เป็นการกดอัดม้วนที่ปลายขอบของชิ้นงานให้โค้งงอเข้า หรือโค้งงอออก ซึ่งชิ้นงานนั้นได้ผ่านการขึ้นรูปด้วยการลากขึ้นรูป หรือการกดอัดขึ้นรูปมาก่อน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 งานอัดม้วนขอบ

การหาค่าแรงในการตัดแผ่นชิ้นงาน เป็นแรงที่สามารถกำหนดขนาดกำลังของเครื่องเพรส แรงในการตัดจะขึ้นกับวัสดุชิ้นงาน ความหนาชิ้นงาน และความยาวของส่วนที่ถูกตัด ซึ่งหาแรงตัดได้ดังนี้ (ชาญชัย และคณะ, 2563)

$$F = \tau u \times L \times t \qquad (1)$$

เมื่อ F แรงที่ใช้ในการกดตัด, N

L คือ ความยาวส่วนที่ถูกตัด, mm

τu คือ ความเค้นเฉือนของวัสดุชิ้นงาน, N/mm^2

t คือ ความหนาของชิ้นงาน, mm

การคำนวณความยาวของแผ่นชิ้นงานก่อนการม้วนขอบ (ชาญชัย และคณะ, 2563) ดังรูปที่ 4

$$L = 1.5\pi p + 2R - t \quad (2)$$

$$p = R - K_0 t$$

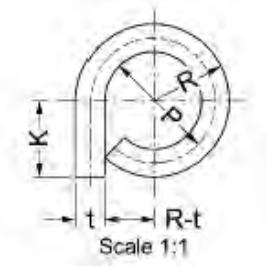
เมื่อ Lคือ ความยาวของแผ่นชิ้นงานก่อนการม้วนขอบ, mm

p คือ รัศมีของการม้วนถึงกึ่งกลางแผ่นงาน, mm

R คือ รัศมีของการม้วน, mm

t คือ ความหนาของชิ้นงาน, mm

K_0 คือ ค่าคงที่ จากรัศมีของการม้วนต่อความหนาของชิ้นงาน



รูปที่ 4 การคำนวณความยาวก่อนการม้วนขอบ

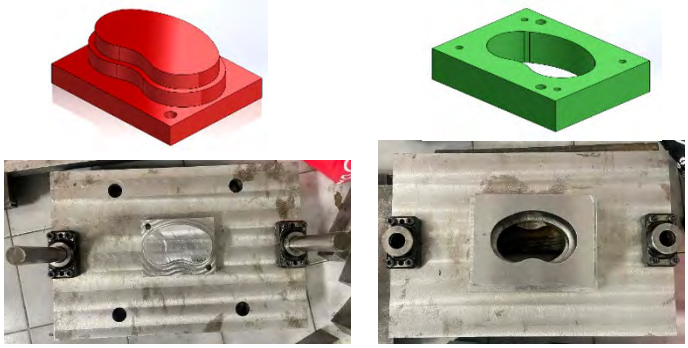
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินการ

ใช้เครื่องเพรสแมคคานิกส์ขนาด 80 ตัน ยี่ห้อ AIDA ดังรูปที่ 5 อินเสิร์ตพันช์และดายของแม่พิมพ์กดตัดขอบชิ้นงาน ดังรูปที่ 6 และชุดแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงาน พันช์ และดายทำด้วยวัสดุเหล็กกล้า SKD11 ดังรูปที่ 7 ชิ้นงานรูปทรงที่มีขนาดไม่สมมาตร ขนาดกว้างxยาวxสูง ที่ 75x123x31 mm ความหนา 0.5 mm ซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 มีค่าความเค้นแรงเฉือนเท่ากับ 510 N/mm^2 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดิจิตอล วัดขนาดชิ้นงานหลังขึ้นรูปสำเร็จ เกจวัดรัศมีวัดขนาดชิ้นงาน

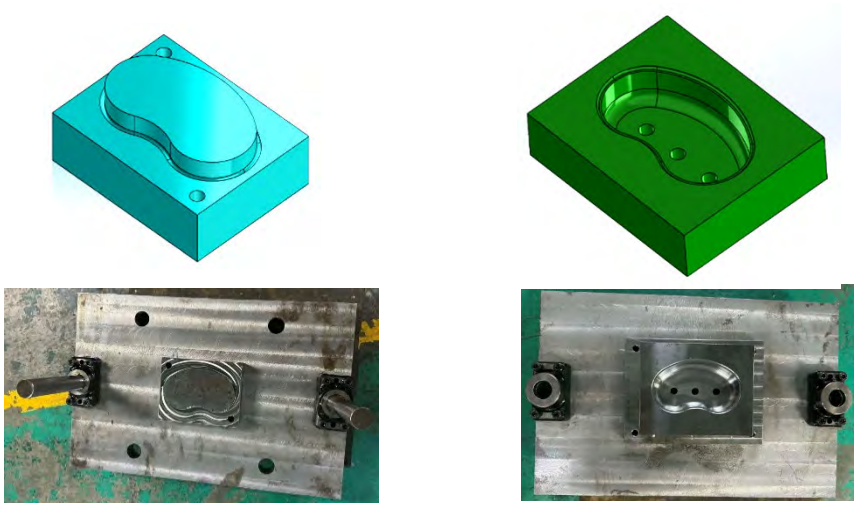


รูปที่ 5 เครื่องเพรสแมคคานิกส์ ยี่ห้อ AIDA



(ก) ชุดพันช์ (ข) ชุดดาย

รูปที่ 6 ชุดแม่พิมพ์สำหรับตัดขอบ



(ก) ชุดพันช์ (ข) ชุดดาย

รูปที่ 7 ชุดแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงาน

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปตามขนาดความลึกที่ต้องการแล้ว หลังจากลากขึ้นรูปนั้นมักมีขอบปีกชิ้นงานที่เกิดจากแผ่นงานที่เตรียมไว้ จึงใช้แม่พิมพ์ตัดขอบเพื่อทำการตัดปีกชิ้นงานที่ไม่ต้องการออก โดยการนำชิ้นงานคว่ำลงเพื่อให้ส่วนที่ลากขึ้นรูปนั้นสวมกับชุดพันช์เพื่อไม่ให้เคลื่อนตัวขณะทำการตัดขอบ หลังจากนั้นนำชิ้นงานนั้นเข้าสู่กระบวนการอัดม้วนขอบชิ้นงาน โดยการใช้แม่พิมพ์อัดม้วนขอบ โดยนำชิ้นงานที่ตัดขอบแล้วคว่ำลง การออกแบบแม่พิมพ์ตัดขอบ โดยกำหนดช่องว่างระหว่างพันช์กับดาย 7 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน มีค่าเท่ากับ 0.035 mm ขนาดของดายตามขนาดของปีกขอบชิ้นงานเท่ากับ กว้าง 75 mm ยาว 123 mm ขนาดของพันช์ลดลงตามขนาดช่องว่างระหว่างพันช์กับดายเท่ากับ กว้าง 74.96 mm ยาว 122.96 mm แรงที่ใช้ในการกดตัดปีกชิ้นงานทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 83.38 kN ชิ้นงานที่ลากขึ้นรูปโดยนำมาตัดขอบให้มีปีกทุกด้าน 5 mm โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในการม้วนขอบ เท่ากับ 3, 5 และ 7 mm เพื่อหาขนาดในการม้วนขอบที่เหมาะสม คำนวณความยาวของแผ่นชิ้นงานก่อนการม้วนขอบมีค่าเท่ากับ 6.1, 13.9 และ 20.6 mm ตามลำดับ ทำการอัดม้วนขอบ 6 ครั้งในแต่ละขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางม้วนขอบ ในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้กำหนดความเร็วในการปั๊มที่ 20 ครั้งต่อนาที

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองความสามารถในการใช้แม่พิมพ์ตัดขอบชิ้นงาน และอัดม้วนขอบ

ทำการทดลองปั๊มตัดขอบชิ้นงาน ดังรูปที่ 8 และตรวจสอบขนาดความยาวของปีกชิ้นงานทุกด้านอยู่ในพิกัดความเผื่อที่ยอมรับได้ คือ ± 0.20



รูปที่ 8 ชิ้นงานที่ได้จากการตัดขอบ

ในการทดลองอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø3 mm พบว่าในการอัดม้วนขอบมีปัญหา เนื่องจากขนาดของการม้วนขอบมีขนาดเล็กเกินไปและขนาดของการตัดขอบมีขนาดมากกว่าขนาดของการม้วนขอบจึงทำให้การทดลองไม่สามารถได้ชิ้นงานออกมาอย่างสมบูรณ์ได้ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ชิ้นงานที่ได้จากการอัดม้วนขอบ Ø3 mm

ในการทดลองอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø5 mm พบว่าในการอัดม้วนขอบมีความสมบูรณ์เนื่องจากขนาดของการตัดขอบมีขนาดที่พอดีกับขนาดของการอัดม้วนขอบ ชิ้นงานดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ชิ้นงานที่ได้จากการอัดม้วนขอบ Ø5 mm

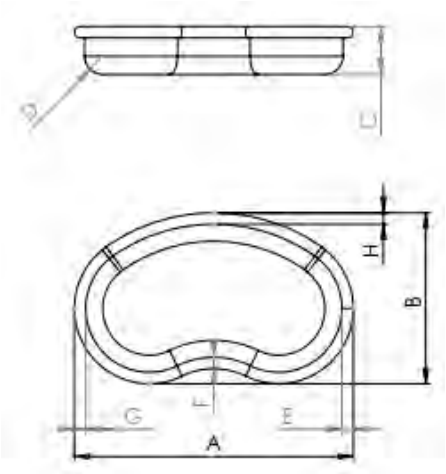
ในการทดลองอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø7 mm พบว่าในการอัดม้วนขอบมีปัญหา เนื่องจากขนาดของการตัดขอบมีขนาดที่เล็กกว่าขนาดของการอัดม้วนขอบ จึงได้ชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ชิ้นงานที่ได้จากการอัดม้วนขอบ Ø7 mm

4.2 ผลการวัดขนาดชิ้นงาน

นำชิ้นงานที่ได้จากการอัดม้วนขอบ Ø3 mm ทำการตรวจสอบขนาด ดังรูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø3 mm ดังตารางที่ 1



รูปที่ 12 ตำแหน่งตรวจวัดขนาดชิ้นงาน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของการอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø3 mm

ตำแหน่งตรวจวัด	ค่าที่วัดได้ (mm)						ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	
A	121.50	121.52	121.42	121.56	121.59	121.52	121.52
B	74.75	75.00	74.87	74.73	74.59	74.73	74.78
C	28.50	28.62	28.55	28.80	28.69	28.68	28.64
D	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
E	4.40	4.44	4.42	4.49	4.49	4.46	4.45
F	5.74	5.92	6.21	5.82	6.53	6.18	6.06
G	4.36	4.56	4.29	4.56	4.62	4.49	4.48
H	4.76	4.86	4.94	4.62	4.75	4.77	4.78

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø3 mm ขนาดกว้างxยาวxสูง ที่ 74.78x121.52x28.64 mm

นำชิ้นงานที่ได้จากการอัดม้วนขอบ Ø5 mm ทำการตรวจสอบขนาด ดังรูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø5 mm ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของการอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø5 mm

ตำแหน่งตรวจวัด	ค่าที่วัดได้ (mm)						ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	
A	121.40	121.18	121.21	121.43	121.07	121.23	121.25
B	74.62	74.82	74.28	74.27	73.34	73.96	74.21
C	27.30	27.20	27.57	27.54	27.26	27.45	27.38
D	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
E	4.20	4.28	4.49	4.43	4.42	4.44	4.38
F	4.88	4.92	4.87	4.90	4.96	4.91	4.90
G	4.58	4.42	4.39	4.53	4.37	4.43	4.45
H	4.72	4.70	4..67	4.93	4.92	4.84	4.80

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø5mm ขนาดกว้างxยาวxสูง ที่ 74.21x121.25x27.38 mm

นำชิ้นงานที่ได้จากการอัดม้วนขอบ Ø7 mm ทำการตรวจสอบขนาด ดังรูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø7 mm ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของการอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø7 mm

ตำแหน่งตรวจวัด	ค่าที่วัดได้ (mm)						ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	
A	122.62	122.48	122.35	122.30	122.46	122.37	122.43
B	78.00	78.10	78.33	78.65	78.73	78.57	78.40
C	26.92	26.90	26.53	26.57	25.97	26.35	26.54
D	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
E	4.74	4.70	4.70	4.79	4.98	4.82	4.79
F	6.10	6.00	5.97	6.19	6.15	6.10	6.08
G	4.42	4.22	4.15	4.45	4.31	4.30	4.30
H	6.28	6.20	6.03	6.32	6.18	6.17	6.20

จากตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานอัดม้วนขอบชิ้นงานขนาด Ø7 mm ขนาดกว้างxยาวxสูง ที่ 78.40x122.43x26.54 mm

5. สรุปและอภิปรายผล

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขอบและอัดม้วนขอบชิ้นงาน โดยมีการใช้อินเสิร์ตพันช์และดายแม่พิมพ์ตัดขอบ 1 ชุด และอินเสิร์ตพันช์กับดายแม่พิมพ์อัดม้วนขอบชิ้นงาน 3 ชุด ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปลึกรูปทรงไม่สมมาตรเป็นแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด SUS 304 นำมาตัดขอบ และอัดม้วนขอบ วัดขนาดของชิ้นงานตัดขอบอยู่ในระยะที่ออกแบบในระยะขอบชิ้นงาน 5 mm ผลการตรวจวัดขนาดชิ้นงานม้วนขอบ จากการอัดม้วนขอบชิ้นงานทั้ง 3 ขนาด และกำหนดจุดตรวจวัดม้วนขอบจำนวน 4 จุด เพื่อนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับค่าพิกัดที่กำหนด ผลการทดลองพบว่า ชิ้นงานม้วนขอบขนาด Ø5 mm ได้ขนาดกว้าง 74.21 ยาว 121.25 สูง 27.38 mm มีความสมบูรณ์ เนื่องจากความยาวของแผ่นชิ้นงานก่อนการม้วนขอบที่พอดี ขณะที่ชิ้นงานอัดม้วนขอบขนาด Ø3 mm และ Ø7 mm จะไม่สมบูรณ์ ผลการทดลองดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของม้วนขอบชิ้นงานอาจมีอิทธิพลต่อคุณภาพของการม้วนขอบ โดยเฉพาะในด้านความสม่ำเสมอและการควบคุมมิติ ทั้งนี้ประเด็นดังกล่าวจะได้นำไปวิเคราะห์อีกครั้ง เพื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนและแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อไป ควรตัดขอบชิ้นงานให้พอดีกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่จะทำการอัดม้วนขอบเพื่อลดการเกิดปัญหาในการทดลอง ต้องทำรัศมีในตัวแม่พิมพ์เมีย เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเกิดการยุบที่ก้นชิ้นงาน และปรับค่าความสูงของช่วงระยะชักของเครื่องเพรสให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่ทำการอัดม้วนขอบเกิดการย่นที่ขอบชิ้นงาน และการยุบของชิ้นงาน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสนับสนุนการเผยแพร่จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

7. เอกสารอ้างอิง

ชาญชัย ทรัพยากร ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์. 2563, การออกแบบแม่พิมพ์, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, พิมพ์ครั้งที่ 42.

ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ. 2564, ความสามารถในการดัดขึ้นรูปและกลไกความเสียหายของโลหะแผ่นอลูมิเนียม AA6016. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม. หน้า 130-145.

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ และสุวิมล เทียกทุม.2558, การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขาม กลุ่มสตรีก้าวหน้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และสำรวจความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2558 หน้า 24–33.

บุญส่ง ฤทธิ์ตา วทัญญู เนตรสง่า และกฤช รุนรักษา.2563, การศึกษาตัวแปรของกระบวนการดัดไวปิ้งรูปตัวแอลที่มีผลต่อการเกิดการดัดตัวกลับด้วยวิธีการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม. หน้า 19-25.

ปริญญา ศรีสัตยกุลและยอดนภา เกษเมือง. 2562, การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแผงยึดหลอดไฟรถยนต์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน. หน้า 26-33.

ประกาศิต ภูมิภักดิ์ กฤษณ์ อภิญญาวิศิษฐ์ พลรัชต์ บุญมี สถาพร วันนาพ่อ และประกอบ ชาติภุกต์.2566, การออกแบบแม่พิมพ์โลหะสำหรับการขึ้นรูปวงล้อนิรภัยสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8, ประจำปี 2566 24–26 พฤษภาคม 2566 ชลบุรี, หน้า 742-748.

ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเริง เฉลิม ขุนเอียด พัชระ กัญจนกาญจน์ และสัญญา คำจริง. 2565, การพับขึ้นรูปตัววีโลหะแผ่นด้วยแม่พิมพ์พอลิเมอร์โดยเทคโนโลยีเผาหลอมผงด้วยเลเซอร์. วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน.หน้า 1-8.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การศึกษาโครงสร้างเปลือกโลกระดับตื้น ใต้สถานีวัดแผ่นดินไหว CHTO ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว: นัยต่อการประเมินผลกระทบจากแผ่นดินไหวเมียนมา พ.ศ. 2568

ถิร ธาดาพรรษวุฒิ [1*]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*Corresponding author: tira.tada@rmutl.ac.th; Tel. 081-665-5165

บทคัดย่อ

เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด M_W 7.7 ในประเทศเมียนมา เมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2568 ก่อให้เกิดความเสียหายเกินความคาดหมายในหลายพื้นที่ของประเทศไทย รวมถึงจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการศึกษาโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลก โดยเฉพาะในระดับตื้น เพื่อให้สามารถประเมินผลกระทบจากแผ่นดินไหวได้อย่างแม่นยำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกโครงสร้างความเร็วคลื่นเฉือนแบบ 1 มิติ ของเปลือกโลกบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวระยะไกลที่ระยะเชิงมุมจากจุดศูนย์กลาง 30°–90° ขนาดตั้งแต่ M_W 7.0 จำนวน 20 เหตุการณ์ ในช่วง พ.ศ. 2556–2569 ซึ่งบันทึกได้ที่สถานีตรวจวัด CHTO จังหวัดเชียงใหม่ ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณถูกวิเคราะห์จากกระบวนการดีคอนโวลูชันแบบวนซ้ำและได้รับการกรองด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียนที่ค่าพารามิเตอร์อัลฟา 0.5, 1.0 และ 2.5 และวิเคราะห์แบบผันกลับเพื่อสร้างแบบจำลองความเร็วของเปลือกโลกจากแบบจำลองเริ่มต้น CRUST2.0 ผลการศึกษาพบว่าในช่วงความลึก 0–8 กิโลเมตร ความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าระหว่าง 2.5–3.0 กิโลเมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองที่ใช้กันโดยทั่วไป อันบ่งชี้ถึงวัสดุเปลือกโลกตื้นที่มีความเร็วคลื่นเฉือนต่ำกว่าแบบจำลองอ้างอิง และอาจส่งผลกับการขยายสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกโลกระดับตื้นต่อการประเมินผลกระทบจากแผ่นดินไหวในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

คำสำคัญ: ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว, โครงสร้างความเร็วเปลือกโลก 1 มิติ, ความเร็วคลื่นเฉือน, การขยายสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว

Shallow Shear-Wave Velocity Structure beneath CHTO Station in Chiang Mai Using Receiver Function Analysis: Implications from the 2025 Myanmar Earthquake

Tira Tadapansawut [1*]

[1] Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai, Thailand, 50300

*Corresponding author: tira.tada@rmutl.ac.th; Tel. 081-665-5165

Abstract

On 28 March 2025, an M_W 7.7 earthquake struck Myanmar, causing unexpected damage across several regions of Thailand, including Chiang Mai. This event highlighted the need to characterize crustal velocity structure—particularly at shallow depths—for the accurate assessment of earthquake impacts. This study determines the one-dimensional (1D) shear-wave velocity structure of the crust beneath Chiang Mai using receiver function analysis. Twenty teleseismic events of $M_W \geq 7.0$, recorded at epicentral distances of 30°–90° at station CHTO in Chiang Mai between 2013 and 2026, were analyzed. Receiver functions were computed by iterative time-domain deconvolution with Gaussian filter alpha parameters of 0.5, 1.0, and 2.5, and were subsequently inverted using CRUST2.0 as the initial model. The results show that shear-wave velocities within the uppermost 0–8 km range from 2.5 to 3.0 km/s, lower than those of commonly used reference models. Such low velocities may contribute to seismic site amplification. These findings highlight the importance of resolving the shallow crustal structure for assessing earthquake impacts in northern Thailand.

Keywords: receiver function analysis, 1D crustal velocity structure, shear-wave velocity, site amplification

1. บทนำ

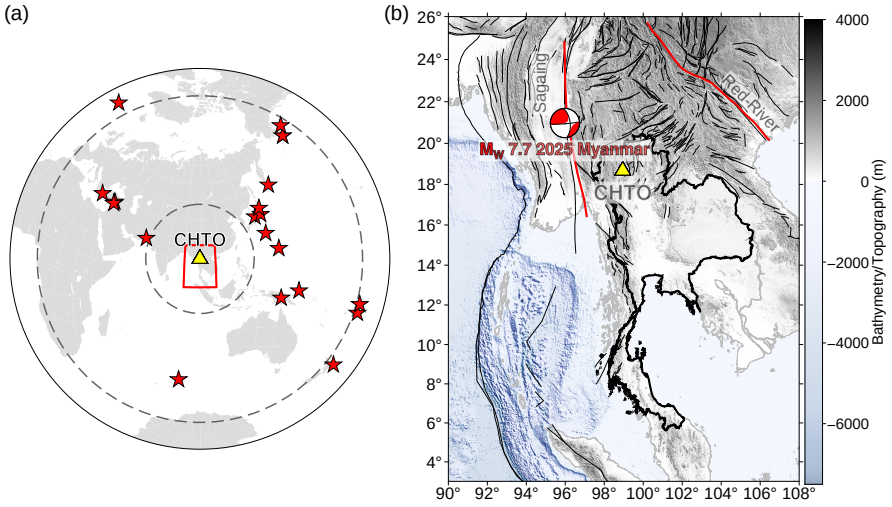
เมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2568 ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด M_W 7.7 ในประเทศเมียนมา บริเวณรอยเลื่อนสะกาย (Sagaing Fault) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากประเทศไทยจัดเป็นแผ่นดินไหวระยะใกล้ (local earthquake event) โดยมีระยะห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 500 กิโลเมตร และห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 1,000 กิโลเมตร แม้จะเกิดห่างจากประเทศไทย แต่เหตุการณ์ดังกล่าวกลับก่อให้เกิดความเสียหายเกินความคาดหมายทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และกรุงเทพมหานคร

ความรุนแรงที่เกินกว่าที่ประเมินไว้มีสาเหตุมาจากลักษณะเฉพาะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในครั้งนี้หลายประการ ประการแรก การแตกหักตามรอยเลื่อนมีความเร็วสูงกว่าความเร็วคลื่นเฉือน (supershear rupture) ประการที่สอง ทิศทางการแตกหักของรอยเลื่อน (rupture directivity) มุ่งลงทางทิศใต้จากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวตามแนวรอยเลื่อนสะกาย (Ornthammarath et al., 2026) ส่งผลให้แนวหน้าคลื่น (wavefront) เกิดการซ้อนทับเสริมกัน คลื่นที่แผ่มายังประเทศไทยจึงมีแอมพลิจูดสูงกว่าคลื่นที่แผ่ขึ้นไปทางทิศเหนือของจุดศูนย์กลางอย่างเห็นได้ชัด (Inoue et al., 2025; USGS, 2025) นอกจากนี้ ระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวมายังประเทศไทยยังอยู่ในช่วงที่คลื่นเฉือนสามารถเคลื่อนที่นำทางภายในเปลือกโลก (Lg-wave) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการเสริมกันของคลื่น และเมื่อคลื่นแผ่นดินไหวเดินทางผ่านชั้นดินอ่อน ยังเกิดการขยายสัญญาณคลื่น (site amplification) มากกว่าปกติ ปัจจัยข้างต้นประกอบกันส่งผลให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงสูงเกินกว่าที่แผนประเมินภัยพิบัติได้คาดการณ์ไว้ (e.g. Anas Ismail et al., 2025)

ด้วยเหตุนี้ การประเมินความเสียหายจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวในอนาคตให้มีความถูกต้องแม่นยำจึงจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในลักษณะโครงสร้างของเปลือกโลกในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย โดยทั่วไปโครงสร้างเปลือกโลกมักแสดงในรูปของแบบจำลองความเร็วคลื่น (velocity model) ซึ่งในระดับใหญ่สามารถอ้างอิงได้จากแบบจำลองระดับโลก (global-scale model) อาทิ แบบจำลอง AK135 (Kennett et al., 1995) และ CRUST2.0 (Bassin et al., 2000) ที่ได้รับการใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะในส่วนของเปลือกโลกระดับตื้น จึงไม่สามารถสะท้อนความแปรผันของโครงสร้างในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเพียงพอ ด้วยเหตุนี้ จึงมีการศึกษาเพื่อจำแนกโครงสร้างเปลือกโลกในระดับภูมิภาค (regional-scale) ที่มีความละเอียดสูงขึ้นด้วยวิธีการหลากหลาย หนึ่งในวิธีที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การวิเคราะห์ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว (receiver function analysis) ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองความเร็วคลื่นเฉือน (shear-wave velocity) แบบ 1 มิติ ใต้สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว (Ammon, 1991)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว CHTO ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่าย Global Seismograph Network (GSN) และตั้งอยู่ในแอ่งตะกอนเชียงใหม่ (Chiang Mai Basin) อันเป็นบริเวณที่มีศักยภาพในการเกิดการขยายสัญญาณของคลื่นแผ่นดินไหว เพื่อจำแนกโครงสร้างความเร็ว

คลื่นเฉือนแบบ 1 มิติ ใต้สถานีตรวจวัด อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประเมินผลกระทบจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยต่อไป



รูปที่ 1 พื้นที่และข้อมูลที่ใช้ทำการศึกษา (a) ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดแผ่นดินไหว CHTO แสดงด้วยสัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีเหลือง ตำแหน่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวแสดงด้วยสัญลักษณ์ดาวสีแดงพร้อมระบุขนาดแผ่นดินไหว (ตาราง S1; เอกสารเพิ่มเติม) เส้นประวงกลมเล็กและใหญ่แสดงช่วงระยะเชิงมุมจากจุดศูนย์กลางที่ 30° และ 90° ตามลำดับ กรอบสีแดงแสดงพื้นที่ในรูป b (b) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา เส้นทึบสีแดงแสดงรอยเลื่อนขนาดใหญ่ในภูมิภาค สัญลักษณ์ลูกบอลชายหาดสีแดงแสดงกลไกแหล่งกำเนิด (moment tensor solution) แผ่นดินไหว M_W7.7 ในเมียนมา (GCMT, 2025; USGS, 2025)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบและความรุนแรงของแผ่นดินไหวตั้งแต่ระยะใกล้จนถึงระยะไกลจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลหลายประเภทประกอบกัน ได้แก่ ข้อมูลกระบวนการแตกหักของรอยเลื่อน (rupture process) ที่ใช้อธิบายกลไกการเกิด ชนิด และทิศทางการแผ่ของคลื่นแผ่นดินไหว (เช่น Inoue et al., 2025; Shimizu et al., 2020; Tadapansawut et al., 2021; Yagi & Fukahata, 2011) ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่แปรผันตามระยะทางเชิงพื้นที่ เช่น ความถี่ แอมพลิจูด และความเร่งของคลื่น ตลอดจนข้อมูลทางธรณีวิทยาของชั้นดิน เช่น ชนิดและความหนาของชั้นดิน เพื่อใช้วิเคราะห์โอกาสการเกิดการขยายสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว การประมาณเวลาที่คลื่นจะเดินทางมาถึง ตลอดจนการพัฒนาระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว ทั้งนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นล้วนต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ คือ โครงสร้างความเร็วคลื่นของเปลือกโลกระดับตื้นในบริเวณที่ศึกษา

ในปัจจุบัน ข้อมูลโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลกสามารถอ้างอิงได้จากแบบจำลองระดับโลก (global-scale model) อาทิ แบบจำลอง AK135 และ CRUST2.0 ซึ่งเป็นที่นิยมในการศึกษาแผ่นดินไหวในระดับโลก อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวมีความละเอียดไม่เพียงพอต่อการจำแนกและแยกแยะโครงสร้าง

ในระดับภูมิภาค เช่น แอ่งตะกอนในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการอื่นในการศึกษาโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลกระดับภูมิภาคที่มีความละเอียดสูงขึ้น หนึ่งในวิธีที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การวิเคราะห์ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว (Ammon, 1991; Ammon et al., 1990; Julià et al., 2000; Ligorría & Ammon, 1999) ซึ่งอาศัยข้อมูลแผ่นดินไหวระยะไกล (teleseismic data) ในช่วงระยะเชิงมุมจากจุดศูนย์กลางประมาณ 30°–90° (หรือประมาณ 3,300–10,000 กิโลเมตร) ที่บันทึกได้จากสถานีตรวจวัดเพื่อให้มั่นใจว่าคลื่นแผ่นดินไหวจะไม่เดินทางภายในชั้นเปลือกโลกระหว่างการเคลื่อนที่มายังสถานีวัด หลักการของวิธีนี้คือการสร้างฟังก์ชันตัวรับโดยทำการดีคอนโวลูชัน (deconvolution) องค์ประกอบของคลื่นในแนวระนาบ (horizontal component) ด้วยองค์ประกอบในแนวดิ่ง (vertical component) เพื่อแยกผลตอบสนองของโครงสร้างใต้สถานีออกจากอิทธิพลของแหล่งกำเนิดและเส้นทางการเดินทางของคลื่น อันทำให้สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงความเร็วคลื่นตามความลึกใต้ตำแหน่งสถานีได้ จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์แบบผันกลับ (inversion) โดยกำหนดแบบจำลองเริ่มต้น (initial model) แล้วสร้างข้อมูลสังเคราะห์ (synthetic data) ให้สอดคล้องกับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวจริงผ่านกระบวนการปรับเส้นโค้ง (curve fitting)

สำหรับประเทศไทย การศึกษาแบบจำลองโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลกได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 อาทิ การจัดทำแบบจำลองความหนาของเปลือกโลกด้วยวิธีการวิเคราะห์ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว (Wongwai et al., 2013) และการประมาณความหนาของเปลือกโลกโดยใช้การผกผันร่วม (joint inversion) ระหว่างการกระจายตัวของคลื่นพื้นผิว (surface wave dispersion) และฟังก์ชันตัวรับสัญญาณ (Tadapansawut et al., 2015) การศึกษาเหล่านี้ล้วนอาศัยวิธีการวิเคราะห์ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณความหนาของเปลือกโลกเป็นสำคัญ จึงมิได้พิจารณาความละเอียดของโครงสร้างเปลือกโลกระดับตื้น และไม่สามารถนำมาใช้ร่วมวิเคราะห์ผลกระทบของคลื่นแผ่นดินไหวบริเวณผิวดินกับวิธีการอื่น ๆ ได้โดยตรง ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลกระดับตื้นหรือบริเวณใกล้ผิวดินเป็นหลัก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้วิเคราะห์แบบจำลองความเร็วของโครงสร้างเปลือกโลกด้วยกระบวนการฟังก์ชันตัวรับสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว (receiver function) โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ตั้งแต่ M_W 7.0 ที่เกิดในระยะไกล (ระยะเชิงมุมจากจุดศูนย์กลาง 30°–90°) ในช่วง พ.ศ. 2556 จนถึง พ.ศ. 2569 (ตาราง S1; เอกสารเพิ่มเติม) ซึ่งบันทึกได้ที่สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว CHTO (ละติจูด 18.81401° เหนือ ลองจิจูด 98.94447° ตะวันออก; รูปที่ 1) และครอบคลุมมุมแอซิมัทรอบๆ สถานีวัด (Azimuth angle; รูปที่ 1a และ ตาราง S1) การคัดเลือกแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในระยะไกลมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูง (high signal-to-noise ratio) ดังตัวอย่างในตาราง S1 จากนั้นทำการขจัดอิทธิพลของเครื่องมือตรวจวัด (remove instrument response) โดยใช้ pole-zero sac file ที่ช่วงเวลาสุ่มตัวอย่าง

(sampling interval) 0.02 วินาที ในช่วงตัวกรองแบบผ่านช่วงความถี่ (bandpass filter) 0.01 – 5 Hz เพื่อขจัดสัญญาณรบกวน และทำการกำจัดแนวโน้ม (remove trend) เพื่อให้ได้ข้อมูลแอมพลิจูดที่ถูกต้องเมื่อเทียบกับแกนสัญญาณ จากนั้นจึงตัดสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวในช่วง -10 ถึง 60 วินาทีจากตำแหน่งเวลาเมื่อคลื่น P มาถึงสถานีวัด

ข้อมูลของแต่ละเหตุการณ์ถูกบันทึกใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบแนวเหนือ-ใต้ (N–S), แนวตะวันออก-ตะวันตก (E–W) และแนวดิ่ง (Z) ในการวิเคราะห์สัญญาณแนวระนาบ จำเป็นต้องปรับหมุนแกน (rotation) ขององค์ประกอบ N–S และ E–W ให้อยู่ในแนวจากตำแหน่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวไปยังสถานีตรวจวัดจากข้อมูลมุมแอซิมัทย้อนกลับ (Back-azimuthal angle) ซึ่งถูกเรียกว่าองค์ประกอบแนวรัศมี (radial component, R) เมื่อพิจารณาในโดเมนความถี่ (frequency domain) สัญญาณคลื่นที่บันทึกได้ในแต่ละแกนประกอบด้วยอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว $E(\omega)$ การเดินทางของคลื่นผ่านโครงสร้างภายในโลกระดับลึก $T(\omega)$ และการตอบสนองของเครื่องมือตรวจวัด $I(\omega)$ โดยองค์ประกอบแนวดิ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$Z(\omega) = E(\omega)T(\omega)I(\omega) \quad (1)$$

ขณะที่องค์ประกอบแนวรัศมีจะได้รับอิทธิพลของการตอบสนองจากโครงสร้างเปลือกโลกใกล้สถานีตรวจวัด $H(\omega)$ ได้มากกว่าองค์ประกอบในแนวดิ่ง (Clayton & Wiggins, 1976) ดังสมการ

$$R(\omega) = E(\omega)T(\omega)I(\omega)H(\omega) \quad (2)$$

เนื่องจากอิทธิพลของแหล่งกำเนิด เส้นทางการเดินทางของคลื่น และเครื่องมือตรวจวัดปรากฏร่วมกันในทั้งสององค์ประกอบ จึงสามารถกำจัดอิทธิพลดังกล่าวออกได้ด้วยกระบวนการดีคอนโวลูชัน (deconvolution) องค์ประกอบแนวรัศมีด้วยองค์ประกอบแนวดิ่ง ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นฟังก์ชันตัวรับสัญญาณ $H(\omega)$ ดังสมการ

$$H(\omega) = R(\omega)/Z(\omega) \quad (3)$$

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการดีคอนโวลูชันในโดเมนเวลาแบบวนซ้ำ (iterative time-domain deconvolution) เพื่อสร้างฟังก์ชันตัวรับสัญญาณของแต่ละเหตุการณ์แผ่นดินไหว จำนวน 20 เหตุการณ์ (Ligorría & Ammon, 1999) เนื่องจากวิธีการดังกล่าวให้สัญญาณที่มีความชัดเจนสูงและลดจุดบกพร่องที่เกิดจากการซ้อนทับของสัญญาณ โดยประยุกต์ใช้ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian filter) และกำหนดค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) ที่แตกต่างกัน 3 ค่า ได้แก่ 0.5, 1.0 และ 2.5 เพื่อใช้ในกระบวนการผันกลับและประเมินเสถียรภาพของแบบจำลองความเร็วคลื่นแบบ 1 มิติ (ตัวอย่างฟังก์ชันตัวรับในรูปที่ 2)

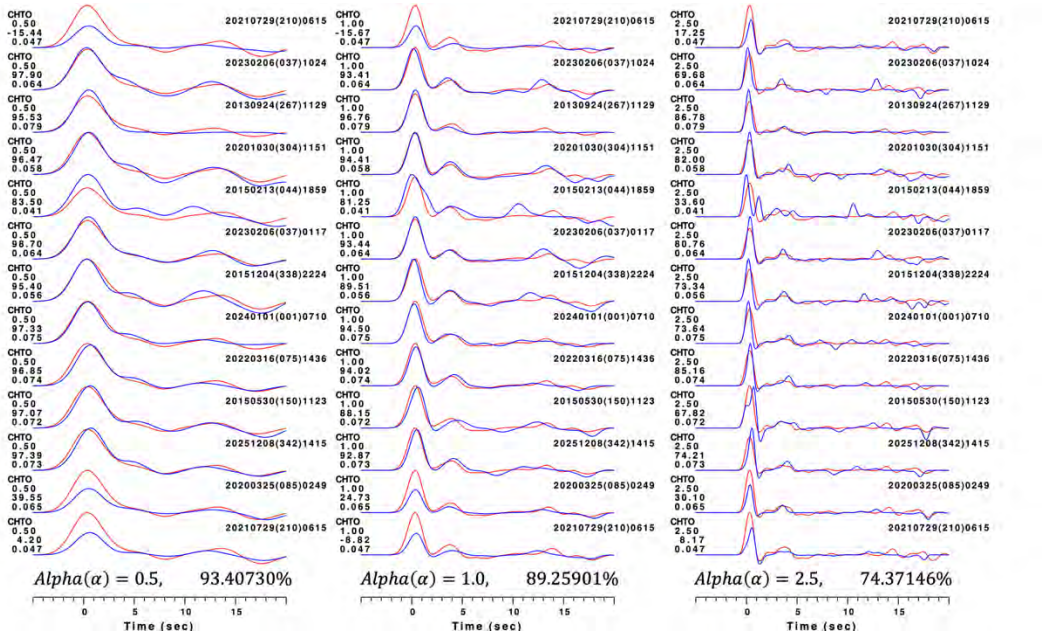
กระบวนการวิเคราะห์แบบผันกลับ (inversion) ดำเนินการด้วยชุดโปรแกรม Computer Programs in Seismology ที่พัฒนาโดย Herrmann (Herrmann, 2013) โดยกำหนดให้แบบจำลองความเร็วจาก CRUST2.0 ณ ตำแหน่งสถานี CHTO เป็นแบบจำลองเริ่มต้น (initial model) เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่นิยม

ใช้ในการวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยแบบจำลองเริ่มต้นถูกทำให้มีความหนาที่ละเอียดมากขึ้นในช่วงความลึก 18 กิโลเมตรแรก (ตาราง S2) จากนั้นจึงดำเนินการผันกลับซ้ำ (iterative inversion) จำนวน 20 รอบ จนกระทั่งไม่มีความเปลี่ยนแปลงของความสอดคล้องระหว่างข้อมูลสังเคราะห์กับสัญญาณจริง (curve fitting) อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 2) ทั้งนี้ได้มีการทดสอบค่าความไวของการตอบสนอง (sensitivity test) ต่อความหนาเปลือกโลกโดยใช้แบบจำลองเริ่มต้นที่กำหนดขึ้นมาเอง (arbitrary model) ดังแสดงในรูปที่ S3–S11 ในเอกสารอ้างอิงเพิ่มเติม

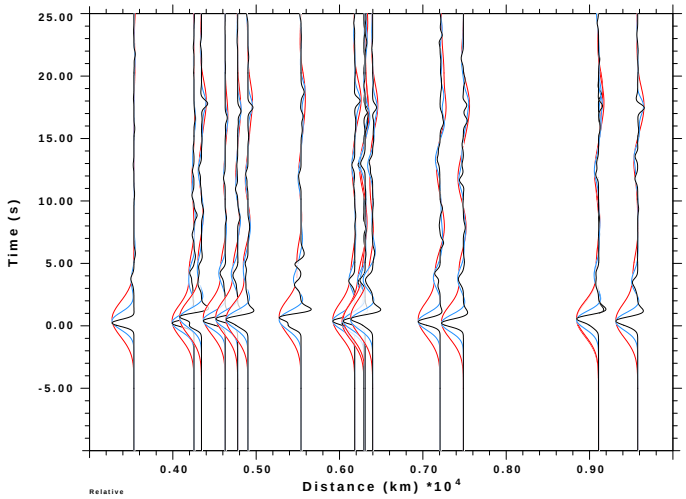
4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์แบบผันกลับของฟังก์ชันตัวรับสัญญาณแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างข้อมูลสังเคราะห์กับสัญญาณจริง (curve fitting) โดยมีค่าความสอดคล้องเทียบกับร้อยละ 93.41, 89.26 และ 74.37 สำหรับฟังก์ชันตัวรับสัญญาณที่ผ่านการกรองแบบเกาส์เซียนด้วยค่าพารามิเตอร์แอลฟา 0.5, 1.0 และ 2.5 ตามลำดับ (รูปที่ 2) นอกจากนี้ การกรองแบบเกาส์เซียนที่ค่าพารามิเตอร์แอลฟาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อเฟส (phase) และตำแหน่งทางเวลา (timing) ของฟังก์ชันตัวรับสัญญาณ (รูปที่ 3) ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณทั้งสามจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองแบบผันกลับเพื่อพิจารณาโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลกแบบ 1 มิติ

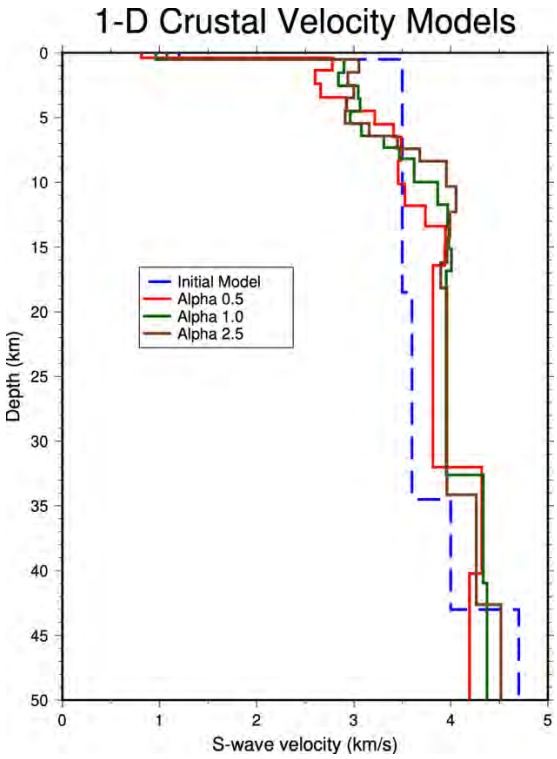
ในการวิเคราะห์แบบจำลองความเร็วแบบ 1 มิติ ผู้วิจัยใช้แบบจำลอง CRUST2.0 เป็นแบบจำลองเริ่มต้น โดยเพิ่มความละเอียดของจำนวนชั้นความลึกในช่วง 18 กิโลเมตรแรก (เส้นประสีน้ำเงิน; รูปที่ 4) เพื่อให้สามารถจำแนกโครงสร้างความเร็วของเปลือกโลกระดับตื้นได้ละเอียดยิ่งขึ้น ผลการวิเคราะห์แสดงแบบจำลองความเร็วที่ได้จากฟังก์ชันตัวรับสัญญาณทั้งสามของค่าพารามิเตอร์แอลฟา (0.5, 1.0 และ 2.5) มีความใกล้เคียงกัน (เส้นทึบสีแดง เขียว และน้ำตาล; รูปที่ 4) โดยในช่วงความลึก 0–8 กิโลเมตรแรก ความเร็วคลื่นเฉือน (S-wave velocity) มีค่าอยู่ในช่วง 2.5–3.0 กิโลเมตรต่อวินาที อีกทั้งผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับการทดสอบโดยใช้แบบจำลองเริ่มต้นอื่นๆ (รูปที่ S3–S11) จากนั้นความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามความลึกจนมีค่าประมาณ 4 กิโลเมตรต่อวินาที ที่ระดับความลึกประมาณ 20 กิโลเมตร และปรากฏการเปลี่ยนแปลงความเร็วอีกครั้งในช่วงความลึก 30–35 กิโลเมตร



รูปที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลสังเคราะห์กับสัญญาณจริงของฟังก์ชันตัวรับที่ผ่านการกรองแบบเกาส์เซียนด้วยค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) ที่ 0.5, 1.0, และ 2.5 ตามลำดับ โดยเส้นสีน้ำเงินคือฟังก์ชันตัวรับจากข้อมูลจริง และเส้นสีแดงคือฟังก์ชันตัวรับจากการสังเคราะห์ด้วยวิธีผันกลับ



รูปที่ 3 ฟังก์ชันตัวรับจากข้อมูลจริงแสดงตามตำแหน่งระยะทางจากจุดเกิดแผ่นดินไหวมายังสถานีวัด (epicentral distance) โดยเส้นสีแดง สีฟ้า สีดำ แสดงผลฟังก์ชันตัวรับที่ผ่านการกรองแบบเกาส์เซียนด้วยค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) ที่ 0.5, 1.0, และ 2.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 แบบจำลองความเร็วใน 1 มิติ แสดงในรูปแบบความเร็วคลื่นเฉือนต่อความลึก เส้นประสีน้ำเงินแสดงแบบจำลองเริ่มต้น เส้นสีแดงแสดงผลแบบจำลองที่ได้โดยใช้ค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) ที่ 0.5 เส้นสีเขียวแสดงผลแบบจำลองที่ได้โดยใช้ค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) ที่ 1.0 และเส้นสีน้ำตาลแสดงผลแบบจำลองที่ได้โดยใช้ค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) ที่ 2.5

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองความเร็วของเปลือกโลกด้วยวิธีการผันกลับของฟังก์ชันตัวรับสัญญาณ พบว่าในช่วงความลึกประมาณ 0–8 กิโลเมตร ความเร็วคลื่นเฉือน (S-wave velocity) มีค่าต่ำกว่าแบบจำลอง CRUST2.0 ซึ่งนับเป็นค่าความเร็วที่ต่ำกว่าปกติเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น อีกทั้งผลการทดสอบโดยใช้แบบจำลองเริ่มต้นที่แตกต่างกันยังคงแสดงค่าความเร็วต่ำในบริเวณตื้น สอดคล้องกับผลการศึกษาความหนาแน่นแบบ 2 มิติ ในพื้นที่ประเทศไทย (เช่น Nornin et al., 2019) จากลักษณะดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการขยายสัญญาณของคลื่นแผ่นดินไหว (site amplification) จากการซ้อนทับกันของคลื่นในบริเวณความเร็วต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของแผ่นดินไหวขนาด M_W 7.7 ในประเทศเมียนมา ซึ่งมีกลไกการเกิดที่ผิดปกติ กล่าวคือ เป็นแผ่นดินไหวที่มีความเร็วการแตกหักสูงกว่าความเร็วคลื่นเฉือน (supershear) และมีทิศทางการแตกหักของรอยเลื่อนมุ่งมายังประเทศไทย (Hirano et al., 2025; Inoue et al., 2025; Melgar et

al., 2025; Ye et al., 2025) อีกทั้งผลดังกล่าวยังมีนัยสอดคล้องกับการศึกษาการขยายสัญญาณของคลื่นแผ่นดินไหวในประเทศไทยจากเหตุการณ์เดียวกัน (Anas Ismail et al., 2025; Pananont et al., 2026)

ผลการวิเคราะห์ความเร็วคลื่นเฉือนในช่วงความลึก 0–20 กิโลเมตร แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ในช่วงความลึก 20–35 กิโลเมตร ความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าค่อนข้างคงตัวในช่วง 3.0–4.0 กิโลเมตรต่อวินาที ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความเร็วคลื่นเฉือนด้วยวิธีการอื่น อาทิ การผันกลับของคลื่นเรย์ลี (Rayleigh wave) ซึ่งเป็นคลื่นพื้นผิว (Saetang & Srisawat, 2025) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงความเร็วคลื่นเฉือนที่ช่วงความลึก 35–40 กิโลเมตร สามารถใช้ระบุตำแหน่งรอยต่อระหว่างเปลือกโลกกับเนื้อโลก หรือรอยชั้นไม่ต่อเนื่องโมโฮ (Mohorovičić discontinuity) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยการผันกลับร่วมของคลื่นพื้นผิวและฟังก์ชันตัวรับสัญญาณ (Tadapansawut et al., 2015) ตลอดจนการผันกลับของฟังก์ชันตัวรับสัญญาณในงานวิจัยก่อนหน้า (Noisagool et al., 2014; Wongwai et al., 2013)

สำหรับค่าความสอดคล้องระหว่างข้อมูลสังเคราะห์กับสัญญาณจริง (curve fitting) ที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์แอลฟาเท่ากับ 0.5, 1.0 และ 2.5 ตามลำดับนั้น เป็นผลมาจากแบบจำลองเริ่มต้นที่มีความละเอียดของจำนวนชั้นที่น้อยในช่วงความลึกมาก (ตั้งแต่ 20 กิโลเมตรเป็นต้นไป) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ S3–S8 อย่างไรก็ตาม การปรับแบบจำลองเริ่มต้นโดยไม่คำนึงถึงความสอดคล้องกับโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นจริง อาจส่งผลให้เกิดความสอดคล้องของข้อมูลสังเคราะห์กับสัญญาณจริงที่สูงเกินจริง (overfitting) ได้ ดังแสดงในรูปที่ S9–S11 แม้กระนั้นทุกแบบจำลองยังคงแสดงผลความเร็วคลื่นเฉือนที่ต่ำในช่วงความลึกระดับตื้น

ผลการศึกษาแบบจำลองความเร็วแบบ 1 มิติ บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ (สถานี CHTO) สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ความเร็วของโครงสร้างเปลือกโลกในระดับตื้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากแผ่นดินไหวทั้งในระยะใกล้และระยะไกล ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องขยายขอบเขตการศึกษาไปยังพื้นที่อื่นที่มีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว ตลอดจนพิจารณาติดตั้งสถานีตรวจวัดเพิ่มเติมให้ครอบคลุมพื้นที่ที่คาดว่ามีความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน เพื่อให้การประเมินผลกระทบจากแผ่นดินไหวมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณชุดโปรแกรม Computer Programs in Seismology ที่พัฒนาโดย Robert B. Herrmann มหาวิทยาลัย Saint Louis ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ฟังก์ชันตัวรับสัญญาณและการผันกลับแบบจำลองความเร็วของเปลือกโลกในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจากเครือข่าย Global Seismograph Network (GSN) ซึ่งดำเนินการภายใต้ความร่วมมือระหว่าง Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) และ United States Geological Survey (USGS) (DOI: 10.7914/SN/IU) ที่เผยแพร่ให้สามารถเข้าถึงและนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

Ammon, C. J. (1991). The isolation of receiver effects from teleseismic *P* waveforms. *Bulletin of the Seismological Society of America*, *81*(6), 2504–2510. https://doi.org/10.1785/BSSA0810062504

Ammon, C. J., Randall, G. E., & Zandt, G. (1990). On the nonuniqueness of receiver function inversions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *95*(B10), 15303–15318. https://doi.org/10.1029/JB095iB10p15303

Anas Ismail, F., Istijono, B., Alfarisi Farhan, M., & Hape, M. T. (2025). Seismic amplification and resonance effects of the 2025 Myanmar earthquake in Bangkok's soft-soil area. *E3S Web of Conferences*, *677*, 09003. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202567709003

Bassin, C., Laske, G., & Masters, G. (2000). The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America. *EOS Trans AGU, 81*, F897.

Clayton, R. W., & Wiggins, R. A. (1976). Source shape estimation and deconvolution of teleseismic bodywaves. *Geophys. J. R.*, *47*, 151–177.

GCMT. (2025). *Mw7.7 Mandaley Myanmar Earthquake*. https://www.globalcmt.org/cgi-bin/globalcmt-cgi-bin/CMT5/form?itype=ymd&yr=2025&mo=3&day=27&otype=ymd&oyr=2025&omo=3&oday=29&jyr=1976&jday=1&ojyr=1976&ojday=1&nday=1&lmw=7.5&umw=10&lms=0&ums=10&lmb=0&umb=10&llat=3&ulat=26&llon=90&ulon=108&lhd=0&uhd=1000&lts=-9999&uts=9999&lpe1=0&upe1=90&lpe2=0&upe2=90&list=0

Herrmann, R. B. (2013). Computer Programs in Seismology: An Evolving Tool for Instruction and Research. *Seismological Research Letters*, *84*(6), 1081–1088. https://doi.org/10.1785/0220110096

Hirano, S., Doke, R., Maeda, T., & Mark, H. F. (2025). *Supershear-subshear-supershear rupture sequence during the 2025 Mandalay Earthquake in Myanmar*. https://doi.org/10.26443/seismica.v4i2.1785

Inoue, N., Yamaguchi, R., Yagi, Y., Okuwaki, R., Bogdan, E., & Tadapansawut, T. (2025). A multiple asymmetric bilateral rupture sequence derived from the peculiar tele-seismic P-waves of the 2025 Mandalay, Myanmar earthquake. *Seismica*, *4*(1). https://doi.org/10.26443/seismica.v4i1.1691

Julià, J., Ammon, C. J., Herrmann, R. B., & Correig, A. M. (2000). Joint inversion of receiver function and surface wave dispersion observations. *Geophysical Journal International*, *143*(1), 99–112. https://doi.org/10.1046/j.1365-246x.2000.00217.x

Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R., & Buland, R. (1995). Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. *Geophysical Journal International*, *122*(1), 108–124. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1995.tb03540.x

Ligorría, J. P., & Ammon, C. J. (1999). Iterative deconvolution and receiver-function estimation. *Bulletin of the Seismological Society of America*, *89*(5), 1395–1400. https://doi.org/10.1785/BSSA0890051395

Melgar, D., Weldon, R., Wang, Y., Bato, M. G., Aung, L. T., Shi, X., Wiwegwing, W., Khaing, S. N., Min, S., Thant, M., Speed, C., Zinke, R., Fielding, E., Meltzner, A., & Dawson, T. (2025). Supershear source model of the 2025 M7.8 Myanmar earthquake and paleoseismology of the Sagaing Fault: regions of significant overlap with past earthquakes. *Seismica*, *4*(2). https://doi.org/10.26443/seismica.v4i2.1771

Noisagool, S., Boonchaisuk, S., Pornsopin, P., & Siripunvaraporn, W. (2014). Thailand's crustal properties from tele-seismic receiver function studies. *Tectonophysics*, *632*(C), 64–75. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.06.014

Nornin, N., Noisagool, S., Siripunvaraporn, W., & Amatyakul, P. (2019). Crustal density structure across Thailand delineated from 2D density modelling using gravity data and receiver function. *Journal of Physics: Conference Series*, *1380*(1), 012158. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012158

Ornthammarath, T., Warnitchai, P., Maruyama, Y., Pornsopin, P., & Yamazaki, F. (2026). Azimuthal Directivity Evident in the Regional Amplitude and Duration of Ground Motions from the 2025 Mw 7.7 Mandalay Earthquake. *The Seismic Record*, *6*(3), 300–309. https://doi.org/10.1785/0320260013

Pananont, P., Pholsonda, P., Pornsopin, P., Furlong, K., Hayashi, K., Muangnoi, S., & Prasertwongphilai, K. (2026). Observed H/V Responses Across Thailand from the 2025 Mw 7.7 Myanmar Earthquake: Implications for Geologically Controlled Seismic Hazard. *Seismological Research Letters*, *97*(3), 1681–1696. https://doi.org/10.1785/0220250388

Saetang, K., & Srisawat, W. (2025). Three-Dimensional Crustal Shear Wave Velocity Structure and Azimuthal Anisotropy Across Northern and Central Thailand From Direct Joint Inversion of Rayleigh Wave Phase Velocities. *International Journal of Geophysics*, *2025*(1). https://doi.org/10.1155/ijge/6659669

Shimizu, K., Yagi, Y., Okuwaki, R., & Fukahata, Y. (2020). Development of an inversion method to extract information on fault geometry from teleseismic data. *Geophysical Journal International*, *220*(2), 1055–1065. https://doi.org/10.1093/gji/ggz496

Tadapansawut, T., Chaisri, S., & Naunnin, P. (2015). *Thailand Crustal Thickness Estimation Using Joint Inversion of Surface Wave Dispersion and Receiver Functions* [Chiang Mai University]. https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2012/ageo30412tt_abs.pdf

Tadapansawut, T., Yagi, Y., Okuwaki, R., Yamashita, S., & Shimizu, K. (2021). *Conjugate and bending faults drive the multiplex ruptures during the 2014 Mw 6.2 Thailand earthquake*. https://doi.org/https://doi.org/10.31223/X56P7T

USGS. (2025). *Mw7.7 Mandaley Myanmar Earthquake*. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000pn9s/executive

Wongwai, W., Pananont, P., & Pornsopin, P. (2013). Teleseismic Receiver Functions Study of the Crustal Thickness Underneath Thailand. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2013, Abstract Id. S33F-03*. http://adsabs.harvard.edu/abs/2013AGUFM.S33F..03W

Yagi, Y., & Fukahata, Y. (2011). Introduction of uncertainty of Green's function into waveform inversion for seismic source processes. *Geophysical Journal International*, *186*(2), 711–720. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05043.x

Ye, L., Lay, T., & Kanamori, H. (2025). The 28 March 2025 Mw 7.8 Myanmar Earthquake: Preliminary Analysis of an ~480 km Long Intermittent Supershear Rupture. *The Seismic Record*, *5*(3), 260–269. https://doi.org/10.1785/0320250021

เอกสารเพิ่มเติม

สามารถดูเอกสารเพิ่มเติม (supplementary information) ได้ที่
https://drive.google.com/file/d/1CNQYSXR3LbmRfuxBnaYGk_pqn7I3BD25/view?usp=sharing

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก

รัตนวดี ทองบัวบาน[1*] และทักชฎา รักพงษ์[2]

[1,2]สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

*E-mail: nine9dd@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0824950999

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก 2) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ และ 3) เสนอแนวทางการจัดการความปลอดภัยในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างยั่งยืน กลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรจำนวน 400 คน สุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 51.0 การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันและการรับรู้ความเสี่ยงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อายุและประสบการณ์การทำงานมีความสัมพันธ์เชิงบวก นอกจากนี้ แนวทางที่เกษตรกรเห็นว่ามีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การรณรงค์ลดการใช้สารเคมีและส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ การอบรมความรู้ด้านความปลอดภัย และการตรวจสุขภาพประจำปี

คำสำคัญ: ความเสี่ยงต่อสุขภาพ, สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, เกษตรกร, การรับรู้ความเสี่ยง, ความปลอดภัยในการทำงาน

ABSTRACT

This research aimed to (1) assess the level of health risk associated with pesticide use among farmers in Phitsanulok Province, (2) examine factors related to the level of health risk, and (3) propose sustainable safety management guidelines for pesticide use. The sample consisted of 400 farmers selected through multistage sampling. Data were collected using a structured questionnaire and analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and Pearson's correlation coefficient. The results revealed that most farmers had a moderate level of health risk (51.0%). The use of personal protective equipment and risk perception

were negatively correlated with health risk at a statistically significant level, whereas age and work experience were positively correlated with health risk. Furthermore, the most important safety management measures identified by farmers were campaigns to reduce pesticide use and promote organic farming, safety training programs, and annual health examinations. The findings may contribute to the development of effective measures to reduce health risks and promote safe pesticide use among farmers.

Keywords: Health Risk, Pesticides, Farmers, Risk Perception, Occupational Safety

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลายเพื่อควบคุมแมลง วัชพืช และโรคพืชที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร แม้การใช้สารเคมีเหล่านี้จะช่วยเพิ่มผลผลิต แต่ก็สร้างผลกระทบต่อ สุขภาพของเกษตรกรและสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ การใช้สารเคมีอย่างถูกวิธี การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม และการจัดเก็บสารเคมีอย่างปลอดภัย (กรมควบคุมโรค, 2565)

ข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2566) ระบุว่า ประเทศไทยนำเข้าสารเคมี กำจัดศัตรูพืชมากกว่า 150,000 ตันต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ซึ่งมีพิษต่อระบบประสาท ยังคงถูกใช้อย่างกว้างขวางในภาคเกษตรกรรม เกษตรกรจำนวนมากมีอาการเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่น เวียนศีรษะ อ่อนแรง หายใจลำบาก และผิวหนังอักเสบ ซึ่งสัมพันธ์กับการสัมผัสสารเคมีโดยตรง (World Health Organization [WHO], 2022)

ตามแนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของ U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2022) การประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การระบุอันตราย (Hazard Identifi ation) (2) การประเมิน การสัมผัส (Exposure Assessment) (3) การประเมินความสัมพันธ์ขนาด–การตอบสนอง (Dose–Response Assessment) และ (4) การอธิบายความเสี่ยง (Risk Characterization) แนวคิดนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับบริบทของเกษตรกรไทย เพื่อระบุระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการใช้สารเคมีอย่างเป็นระบบและมีหลักฐานเชิงประจักษ์

จังหวัดพิษณุโลกมีเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่เกษตรกรรมหลักประมาณ 48,520 ครัวเรือน โดยร้อยละ 78 ใช้สารเคมีเป็นประจำ และมากกว่าครึ่งหนึ่งใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายไม่ครบถ้วนในเชิงคุณภาพ พบพฤติกรรมเสี่ยงจากการผสม ฉีดพ่น และสัมผัสสารเคมีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ระคายเคืองผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ และผลกระทบสะสมในระยะยาวข้อมูลดังกล่าวสะท้อนปัญหาและผลกระทบเชิงพื้นที่ของจังหวัดพิษณุโลกอย่างชัดเจน (สำนักงานเกษตรจังหวัด พิษณุโลก, 2567) สอดคล้องกับ สมชาย วัฒนกิจ และคณะ (2564) พบว่า เกษตรกรที่ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำการใช้สารเคมี

และไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอย่างเหมาะสม มีโอกาสเกิด อาการพิษเฉียบพลันมากกว่าผู้ที่ปฏิบัติถูกต้อง ถึง 2 เท่า ขณะที่พรรณี ศรีสวัสดิ์ (2566) พบว่า การอบรม ให้ความรู้ด้าน ความปลอดภัยสามารถลดพฤติกรรมเสี่ยง และเพิ่มการรับรู้ความปลอดภัย ในการใช้สารเคมีได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากสภาพปัญหาดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สะท้อนถึงสถานการณ์จริง รวมถึงการระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น พฤติกรรมการใช้สารเคมี การรับรู้ความเสี่ยง การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน และ ประสบการณ์การทำงาน ผลการศึกษาจะสามารถนำไปใช้กำหนดแนวทางการพัฒนามาตรการเฝ้าระวัง และส่งเสริมพฤติกรรม การใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานสาธารณสุขและการเกษตรในการลดผลกระทบต่อสุขภาพ ของเกษตรกรอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร
3. เพื่อเสนอแนวทางการจัดการความปลอดภัยในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างยั่งยืน

สมมติฐานการวิจัย

1. พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องมีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร
2. การรับรู้ความเสี่ยงและการใช้เครื่องป้องกันอันตรายมีผลเชิงลบต่อระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ
3. ประสบการณ์ทำงานและระยะเวลาการสัมผัสสารเคมีมีผลเชิงบวกต่อความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment) การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment: HRA) เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพของมนุษย์จากการสัมผัสสารอันตราย โดยเฉพาะสารเคมีในภาคเกษตรกรรม ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2024) ได้กำหนดกรอบการประเมินความเสี่ยงไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การระบุอันตราย (Hazard Identification) (2) การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment) (3) การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) และ (4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

แนวคิดดังกล่าวอธิบายว่า ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรเกิดจากความถี่ ปริมาณ และระยะเวลาของการสัมผัสสารเคมี รวมทั้งพฤติกรรมการป้องกันตนเองระหว่างการปฏิบัติงาน หากเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่ถูกต้องหรือไม่มีมาตรการป้องกันที่เหมาะสม จะส่งผลให้โอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพเพิ่มสูงขึ้น ทั้งในลักษณะอาการพิษเฉียบพลันและผลกระทบเรื้อรังในระยะยาว

ดังนั้น แนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจึงเป็นกรอบแนวคิดหลักที่ใช้อธิบายตัวแปรตามของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร

2.2 ทฤษฎีความเชื่อด้านสุขภาพ (Health Belief Model: HBM) ทฤษฎีความเชื่อด้านสุขภาพได้รับการพัฒนาโดย Rosenstock (1974) เพื่ออธิบายพฤติกรรมสุขภาพของบุคคล โดยมีแนวคิดว่าการตัดสินใจปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคเกิดจากการรับรู้และความเชื่อเกี่ยวกับความเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพ องค์ประกอบสำคัญประกอบด้วย (1) การรับรู้โอกาสเสี่ยง (Perceived Susceptibility) (2) การรับรู้ความรุนแรง (Perceived Severity) (3) การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกัน (Perceived Benefits) (4) การรับรู้อุปสรรค (Perceived Barriers) (5) สิ่งกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติ (Cues to Action) และ (6) การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรที่รับรู้ว่าการสัมผัสสารเคมีมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหรือความผิดปกติทางสุขภาพ จะมีแนวโน้มปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยมากกว่าเกษตรกรที่มีการรับรู้ความเสี่ยงต่ำ ส่งผลให้ลดโอกาสการสัมผัสสารเคมีและลดระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ดังนั้น ทฤษฎีความเชื่อด้านสุขภาพจึงสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการรับรู้ความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรได้อย่างเหมาะสม

2.3 แบบจำลองส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ (Health Promotion Model: HPM) Pender, Murdaugh และ Parsons (2015) ได้เสนอแบบจำลองส่งเสริมสุขภาพเพื่ออธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ โดยระบุว่าพฤติกรรมของบุคคลได้รับอิทธิพลจากประสบการณ์เดิม ความรู้ ความเชื่อ การรับรู้ประโยชน์ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง แบบจำลองดังกล่าวอธิบายว่า เมื่อบุคคลตระหนักถึงประโยชน์ของพฤติกรรมป้องกันสุขภาพและเชื่อมั่นว่าตนเองสามารถปฏิบัติได้ จะมีแนวโน้มเลือกพฤติกรรมที่ส่งเสริมสุขภาพมากขึ้น ในบริบทของการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรที่ได้รับความรู้และมีความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของสารเคมี จะมีแนวโน้มสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ปฏิบัติตามคำแนะนำการใช้สารเคมี และหลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยง ส่งผลให้ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพลดลง

ดังนั้น แบบจำลองส่งเสริมสุขภาพจึงสามารถใช้อธิบายตัวแปรด้านพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรกรได้

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล องค์การแรงงานระหว่างประเทศ (International Labour Organization [ILO], 2022) อธิบายไว้ว่า อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) เป็นมาตรการสำคัญในการลดการสัมผัสสารเคมีอันตรายในสถาน

ประกอบอาชีพ ประกอบด้วยหน้ากากป้องกันสารเคมี ถุงมือ ชุดป้องกัน แว่นตานิรภัย และรองเท้าป้องกันสารเคมี สำหรับภาคการเกษตร PPE มีบทบาทสำคัญในการลดการดูดซึมสารพิษผ่านผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ และดวงตา โดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization [WHO], 2023) ระบุว่าการใช้อุปกรณ์ป้องกันอย่างถูกต้องและครบถ้วนสามารถลดความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่า ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเป็นกรอบในการวิเคราะห์ระดับการสัมผัสและผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ขณะที่ทฤษฎีความเชื่อด้านสุขภาพและแบบจำลองส่งเสริมสุขภาพใช้ในการอธิบายการรับรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองของเกษตรกร ส่วนแนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลนำมาใช้กำหนดตัวแปรและประเมินความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพื่อนำผลไปกำหนดแนวทางการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยและเหมาะสมกับบริบทของจังหวัดพิษณุโลก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนดขอบเขตการศึกษา เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างชัดเจน ดังนี้

3.1 ประชากรในการวิจัย ในครั้งนี้คือ เกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งประกอบด้วยเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าว พืชผัก และผลไม้ โดยมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นประจำในการดำเนินงานเกษตรกรรม จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก มีเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชรวมทั้งสิ้นประมาณ 48,520 ครัวเรือน แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่หลักที่มีการใช้สารเคมีเข้มข้น ดังนี้ (สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก, 2567)

3.2 กลุ่มตัวอย่างและวิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เกษตรกรที่ประกอบอาชีพเพาะปลูกและมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 400 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ .05 จากประชากรเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 48,520 ครัวเรือน จากนั้นดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน โดยผสมผสานการเลือกแบบเจาะจงในระดับพื้นที่กับการสุ่มแบบอาศัยความน่าจะเป็นในระดับหมู่บ้านและเกษตรกร ทั้งนี้ การเลือกแบบเจาะจงเป็นวิธีการเลือกหน่วยศึกษาที่มีคุณลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์และเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้อย่างชัดเจน (Etikan, Musa, & Alkassim, 2016) ส่วนการสุ่มหลายขั้นตอนเป็นการคัดเลือกหน่วยตัวอย่างตามลำดับชั้นของพื้นที่ ตั้งแต่หน่วยพื้นที่ขนาดใหญ่ไปจนถึงหน่วยตัวอย่างรายบุคคล (Cochran, 1977; Lohr, 2022) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การเลือกพื้นที่ระดับอำเภอแบบเจาะจง ผู้วิจัยเลือกอำเภอบางระกำ อำเภอวังทอง และอำเภอบางกระทุ่ม โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลกเป็นฐานในการพิจารณา เนื่องจากทั้ง 3 อำเภอเป็นพื้นที่เกษตรกรรมสำคัญของจังหวัด มีจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสัดส่วนสูง มีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่หลากหลาย ได้แก่ ข้าว พืชไร่ พืชผักและไม้ผล รวมทั้งมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องในรอบการผลิตทางการเกษตร

ขั้นที่ 2 การเลือกตำบลแบบเจาะจง ผู้วิจัยจัดทำบัญชีรายชื่อตำบลในแต่ละอำเภอจากข้อมูลของสำนักงานเกษตรอำเภอ และเลือกตำบลที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ 1) เป็นตำบลที่มีจำนวนหรือสัดส่วนเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับตำบลอื่นภายในอำเภอเดียวกัน 2) มีพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าว พืชไร่ พืชผักหรือไม้ผล ซึ่งมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง 3) มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกที่ตรงกับระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูล 4) มีทะเบียนหรือบัญชีรายชื่อเกษตรกรที่สามารถตรวจสอบได้จากสำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานเกษตรตำบล ผู้นำชุมชน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 5) มีความหลากหลายของชนิดพืช รูปแบบการใช้สารเคมี และระยะเวลาการสัมผัส ซึ่งเอื้อต่อการศึกษาระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพในบริบทที่แตกต่างกัน

ขั้นที่ 3 การสุ่มหมู่บ้าน ภายหลังจากได้ตำบลที่ผ่านเกณฑ์แล้ว ผู้วิจัยจัดทำบัญชีรายชื่อหมู่บ้านทั้งหมดในแต่ละตำบล และสุ่มหมู่บ้านด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับสลากรายชื่อหมู่บ้านแบบไม่ใส่คืน เพื่อให้แต่ละหมู่บ้านในตำบลที่ได้รับการคัดเลือกมีโอกาสได้รับเลือกอย่างเท่าเทียมกัน

ขั้นที่ 4 การกำหนดจำนวนและการสุ่มเกษตรกร ผู้วิจัยจัดสรรจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้แต่ละอำเภอตามสัดส่วนจำนวนครัวเรือนเกษตรกร ได้แก่ อำเภอบางระกำ จำนวน 150 คน อำเภอวังทอง จำนวน 125 คน และอำเภอบางกระทุ่ม จำนวน 125 คน รวมทั้งสิ้น 400 คน จากนั้นกระจายจำนวนกลุ่มตัวอย่างไปยังตำบลและหมู่บ้านตามสัดส่วนจำนวนเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ เมื่อได้บัญชีรายชื่อเกษตรกรที่ผ่านเกณฑ์แล้ว จึงใช้การสุ่มอย่างเป็นระบบ โดยคำนวณช่วงการสุ่มจากสูตร (k=N/n) และสุ่มหมายเลขเริ่มต้นระหว่าง 1 ถึง (k) ก่อนเลือกเกษตรกรตามช่วงการสุ่มจนครบจำนวนที่กำหนด หากเกษตรกรที่สุ่มได้ไม่ผ่านเกณฑ์ ปฏิเสธการเข้าร่วม หรือไม่สามารถติดต่อได้หลังจากดำเนินการติดต่อตามขั้นตอนที่กำหนด ผู้วิจัยจะสุ่มรายชื่อทดแทนจากบัญชีสำรองในหมู่บ้านเดียวกัน

เกณฑ์การคัดเข้ากลุ่มตัวอย่าง

1. มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป
2. มีชื่ออยู่ในทะเบียนเกษตรกรหรือได้รับการรับรองจากสำนักงานเกษตร ผู้นำชุมชน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องว่าเป็นเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา
3. ประกอบอาชีพเพาะปลูกในพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกมาแล้วไม่น้อยกว่า 1 ปี
4. มีประสบการณ์ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชติดต่อกันไม่น้อยกว่า 1 ปี

5. มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมอย่างน้อยหนึ่งกิจกรรม ได้แก่ การเลือกซื้อ การผสม การบรรจุ การฉีดพ่น การล้างอุปกรณ์ หรือการจัดเก็บสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

6. มีการใช้หรือสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชภายในระยะเวลา 12 เดือนก่อนวันเก็บรวบรวมข้อมูล

7. สามารถสื่อสารภาษาไทยและตอบแบบสอบถามได้

8. ได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ขั้นตอน ประโยชน์และความเสี่ยงของการวิจัย และยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออกจากการวิจัย

1. ไม่ได้เป็นผู้ใช้หรือสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยตรง แม้จะเป็นสมาชิกในครัวเรือนเกษตรกร

2. อยู่ในภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือมีข้อจำกัดด้านการสื่อสารในวันที่เก็บข้อมูลจนไม่สามารถให้ข้อมูลได้อย่างครบถ้วน โดยไม่ใช้ประวัติการเจ็บป่วยจากสารเคมีเป็นเหตุในการคัดออก

3. ขอถอนตัวระหว่างการตอบแบบสอบถาม

4. ตอบแบบสอบถามไม่ครบถ้วนในส่วนสำคัญจนไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การกระจายกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรตามอำเภอในจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ	อำเภอ	จำนวนเกษตรกร (ครัวเรือน)	สัดส่วน (%)	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)
1	บางระกำ	18,200	37.5	150
2	วังทอง	15,100	31.1	125
3	บางกระทุ่ม	15,220	31.4	125
รวม		**48,520**	**100**	**400**

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ต้องเป็นเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมในจังหวัดพิษณุโลก มีประสบการณ์ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างน้อย 1 ปี ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ ไม่มีปัญหาด้านสุขภาพที่อาจรบกวนการตอบแบบสอบถาม

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 4 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร (อายุ เพศ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำงาน)

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (ชนิดสารเคมี ความถี่ และวิธีการใช้)

ตอนที่ 3 การรับรู้ความเสี่ยงและการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน

ตอนที่ 4 อาการทางสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสสารเคมี

3.4 ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร โดยพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (1) พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (2) การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (3) การรับรู้ความเสี่ยงจากการใช้สารเคมี (4) ประสบการณ์และระยะเวลาการทำงานทางการเกษตร และศึกษาผลของปัจจัยดังกล่าวต่อระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความเสี่ยงต่ำ ความเสี่ยงปานกลาง และความเสี่ยงสูง โดยอาศัยแนวคิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment) (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2022) เป็นกรอบแนวคิดหลักของการศึกษา

3.5 ขอบเขตด้านพื้นที่ การศึกษานี้ดำเนินการในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นจังหวัดเกษตรกรรมสำคัญของภาคเหนือตอนล่าง โดยเลือกพื้นที่ศึกษาใน 3 อำเภอหลัก ได้แก่ อำเภอบางระกำ อำเภอวังทอง และอำเภอบางกระทุ่ม ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว พืชผัก และผลไม้ ซึ่งเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องและมีความหลากหลายของชนิดสารเคมีสูง เหมาะสมสำหรับการศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีในบริบทจริง

3.6 ขอบเขตด้านเวลา การดำเนินการวิจัยนี้ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2568 ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาการเพาะปลูกและการใช้สารเคมีทางการเกษตรของจังหวัดพิษณุโลก เพื่อให้ข้อมูลที่ได้สะท้อนสภาพการใช้สารเคมีและผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง

3.7 การทดสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

3.7.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ (Validity) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงตรง เชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถาม โดยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา ความครอบคลุมของประเด็น ความถูกต้องของภาษา และความชัดเจนของโครงสร้างข้อคำถาม จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น ก่อนทำการคำนวณดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการประเมินพบว่าแบบสอบถามมีค่า IOC เฉลี่ยเท่ากับ 0.87 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ มากกว่า 0.67 ขึ้นไป แสดงว่าเครื่องมือมีความตรงตามเนื้อหาและสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างเหมาะสม (พิชิต พิชิต ฤทธิ์จรูญ , 2559)

3.7.2 การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผ่านการปรับปรุงจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (try out) กับเกษตรกรที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในจังหวัดพิจิตร ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เพื่อตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัย ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาช (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ตามแนวทางของ Cronbach (1951) และลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์

(2567) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .83 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี (≥ .80) แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงได้อย่างเหมาะสม นำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วจัดพิมพ์แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้แจกกลุ่มตัวอย่างจริงที่ใช้ในการวิจัยต่อไป

3.8 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม–กันยายน พ.ศ. 2568 โดยขออนุญาตจากนายอำเภอในแต่ละอำเภอของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนดำเนินการ แจกแบบสอบถามแก่พนักงานที่สุ่มได้ อธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัยและขอ ความยินยอมในการตอบแบบสอบถาม จากนั้นรวบรวมและตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล ก่อนนำไปวิเคราะห์

3.9 จริยธรรมการวิจัย ผู้วิจัยขออนุญาตจากกลุ่มตัวอย่างก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล รับรองความลับของข้อมูล ผู้ตอบแบบสอบถาม และใช้ข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น โดยผู้ตอบสามารถปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยได้ โดยไม่มีผลกระทบใด ๆ

3.10 สถิติวิเคราะห์ข้อมูล

3.10.1 สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation:) สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย พฤติกรรมการใช้สารเคมี การรับรู้ความเสี่ยง และแนวทางการจัดการความปลอดภัย

3.10.2 สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson’s Product-Moment Correlation Coefficient: r) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ส่วนบุคคล การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน และการรับรู้ความเสี่ยงกับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร. การแปลผลค่าความสัมพันธ์กำหนดตามเกณฑ์ของ Best (1977) ดังนี้

ค่า r	การแปลผล
0.00 – 0.19	ความสัมพันธ์ต่ำมาก
0.20 – 0.39	ความสัมพันธ์ต่ำ
0.40 – 0.59	ความสัมพันธ์ปานกลาง
0.60 – 0.79	ความสัมพันธ์สูง
0.80 – 1.00	ความสัมพันธ์สูงมาก

3.10.3 เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย (Likert Scale) การแปลผลค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นกำหนดตามเกณฑ์ ของลักษณะ 5 ระดับ (Best, 1977) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	การแปลผล
4.21 – 5.00	มากที่สุด

3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

1 การประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก

ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
ต่ำ	112	28.0
ปานกลาง	204	51.0
สูง	84	21.0
รวม	**400**	**100.0**

จากตารางที่ 2 พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 51.0 รองลงมาคือระดับต่ำร้อยละ 28.0 และระดับสูงร้อยละ 21.0

2. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร

ปัจจัย	r	p-value	การแปลผล
อายุ	0.142	0.008*	มีความสัมพันธ์เชิงบวกเล็กน้อย
ประสบการณ์ทำงาน	0.213	0.001*	มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ
การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน	-0.356	0.000**	มีความสัมพันธ์เชิงลบระดับปานกลาง
การรับรู้ความเสี่ยง	-0.278	0.002**	มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ

*p < .05, **p < .01

จากตารางที่ 3 พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน (r = -0.356, p < .01) และการรับรู้ความเสี่ยง (r = -0.278, p < .01) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบ หมายความว่า เกษตรกรที่มีการรับรู้ความเสี่ยงและสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอย่างถูกต้องจะมีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพลดลง ในขณะที่อายุและประสบการณ์ทำงานมีความสัมพันธ์เชิงบวกเล็กน้อย หมายถึงยิ่งมีอายุและประสบการณ์มากยิ่งมีโอกาส สัมผัสสารเคมีสะสมสูงขึ้น

3) แนวทางการจัดการความปลอดภัยในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างยั่งยืน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แนวทางการจัดการความปลอดภัยในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามความคิดเห็นของเกษตรกร

แนวทางการจัดการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
การอบรมความรู้เรื่องสารเคมีและอุปกรณ์ป้องกัน	4.35	0.65	มาก
การสนับสนุนงบประมาณจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกัน	4.28	0.70	มาก
การจัดตั้งศูนย์เฝ้าระวังสุขภาพเกษตรกรระดับตำบล	4.17	0.76	มาก
การรณรงค์ลดการใช้สารเคมีและส่งเสริมเกษตรอินทรีย์	4.42	0.61	มากที่สุด
การติดตามตรวจสุขภาพประจำปีโดยหน่วยงานสาธารณสุข	4.31	0.68	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า แนวทางการจัดการความปลอดภัยที่เกษตรกรเห็นว่ามีความสำคัญมากที่สุด คือการรณรงค์ ลดการใช้สารเคมีและส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ ($\bar{x}$ = 4.42, S.D. = 0.61) รองลงมาคือการอบรมความรู้เรื่องสารเคมีและอุปกรณ์ป้องกัน ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.65)

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถสรุปและอภิปรายได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับปานกลางแสดงให้เห็นว่าการสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรยังคงอยู่ในระดับที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ หากขาดการป้องกันที่เหมาะสม โดยสาเหตุหลักมาจากการขาดความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง และการละเลยการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) สอดคล้องกับรายงานของกรมควบคุมโรค (2565) ซึ่งระบุว่าเกษตรกรไทยมีแนวโน้มได้รับสารพิษจากการใช้สารเคมีในระดับสูง โดยเฉพาะกลุ่มที่ไม่ใช้เครื่องป้องกันอย่างครบถ้วน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดการประเมินความเสี่ยงของ U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2022) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การระบุอันตราย (Hazard Identification) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) การประเมินขนาด–การตอบสนอง (Dose–Response Assessment) และการอธิบายความเสี่ยง (Risk Characterization) ผลการศึกษาฉบับนี้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรอยู่ในกลุ่มที่มีการสัมผัส (Exposure) อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงความเสี่ยงที่อาจนำไปสู่ผลกระทบทางสุขภาพได้ในระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ไม่ได้ป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้ยังสอดคล้อง กับสมชาย วัฒนกิจ และคณะ (2564) ที่พบว่าเกษตรกรที่ไม่ปฏิบัติตามข้อแนะนำการใช้สารเคมีมีโอกาสเกิดอาการพิษเฉียบพลันมากกว่าผู้ที่ปฏิบัติถูกต้องถึงสองเท่าซึ่งยืนยันว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมีและการป้องกันตนเอง เป็นตัวแปรสำคัญในการลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร

2. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรผลการวิจัย พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) ได้แก่ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน ($r = -0.356$) และการรับรู้ความเสี่ยง ($r = -0.278$) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระดับความเสี่ยง หมายความว่า ยิ่งเกษตรกรมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันและมีการรับรู้ความเสี่ยงในระดับสูงระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพก็จะลดลงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้าม อายุ ($r = 0.142$, $p < .05$) และประสบการณ์ทำงาน ($r = 0.213$, $p < .05$) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความเสี่ยง แสดงว่าเกษตรกรที่มีอายุมากหรือทำงานในอาชีพเกษตรกรรมมานาน มักมีความเสี่ยงสูงขึ้นเนื่องจากการสัมผัสสารเคมีสะสมเป็นเวลานาน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดพฤติกรรมสุขภาพ (Health Promotion Model) ของ Pender (1996) ซึ่งระบุว่าการรับรู้ความเสี่ยง (Perceived Risk) และการรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรม (Perceived Benefits) เป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการตัดสินใจปฏิบัติตนด้านสุขภาพ เมื่อเกษตรกรตระหนักถึงอันตรายจากการใช้สารเคมี พวกเขาจะมีแนวโน้มปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อลดความเสี่ยง เช่นการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันและปฏิบัติตามคำแนะนำบนฉลากผลิตภัณฑ์อย่างเคร่งครัด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของพรรณี ศรีสวัสดิ์ และคณะ (2566) ที่พบว่าการอบรมให้ความรู้ด้านความปลอดภัยสามารถลดพฤติกรรมเสี่ยงและเพิ่มการรับรู้ความปลอดภัยในการใช้สารเคมีได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติรวมถึงงานวิจัยของ Nguyen et al. (2023) ในประเทศเวียดนามที่ระบุว่าเกษตรกรที่มีการรับรู้ความเสี่ยงต่ำและไม่ใช้เครื่องป้องกันอย่างเหมาะสม มีอาการเจ็บป่วยเรื้อรังจากการสัมผัสสารเคมีมากกว่าเกษตรกรที่มีพฤติกรรมป้องกันตนเองอย่างถูกต้อง

3. แนวทางการจัดการความปลอดภัยในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่าแนวทางการจัดการความปลอดภัยที่มีความสำคัญในระดับมากถึงมากที่สุด ได้แก่การรณรงค์ลดการใช้สารเคมีและส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ รองลงมาคือการอบรมความรู้เรื่องสารเคมีและอุปกรณ์ป้องกัน และ การตรวจสุขภาพประจำปีโดยหน่วยงานสาธารณสุข ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ World Health Organization (2022) ที่เสนอให้มีการลดการใช้สารเคมีในภาคการเกษตร พร้อมส่งเสริมระบบการผลิตเกษตรอินทรีย์ควบคู่กับการพัฒนาความรู้และทักษะความปลอดภัยของเกษตรกรในชุมชน ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของการจัดการความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Management Model) ซึ่งเน้นการลดความเสี่ยงผ่านการมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงาน (Participatory Approach) โดยให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ความเสี่ยง วางแผน และกำหนดมาตรการลดความเสี่ยงร่วมกับหน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาพฤติกรรมความปลอดภัยอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

ข้อค้นพบจากการวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก

เกษตรกรส่วนใหญ่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพในระดับปานกลาง และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันกับการรับรู้ความเสี่ยงมีความสัมพันธ์กับการลดระดับความเสี่ยง เกษตรกรจึงควรสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลให้ครบถ้วนทุกครั้งที่ผสม ฉีดพ่น หรือล้างอุปกรณ์ อ่านและปฏิบัติตามฉลากสารเคมีอย่างเคร่งครัด หลีกเลี่ยงการ

ใช้สารเคมีเกินอัตราที่กำหนด และจัดเก็บหรือกำจัดภาชนะบรรจุอย่างถูกวิธี โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีอายุและประสบการณ์ทำงานสูงควรได้รับการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากมีโอกาสได้รับสารเคมีสะสมเป็นระยะเวลานาน

หน่วยงานด้านการเกษตร สาธารณสุข และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรร่วมกันจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ สนับสนุนอุปกรณ์ป้องกันที่ได้มาตรฐาน จัดบริการตรวจสุขภาพและคัดกรองสารเคมีตกค้างในร่างกายอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ตลอดจนส่งเสริมการลดใช้สารเคมี การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน และการทำเกษตรปลอดภัยหรือเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้เกษตรกรสามารถลดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

6. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. (2565). *รายงานสถานการณ์โรคจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พ.ศ. 2565.* กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข.

พรรณี ศรีสวัสดิ์. (2566). ผลของการอบรมการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยต่อพฤติกรรมและการรับรู้ของเกษตรกรในจังหวัดลำพูน. *วารสารสาธารณสุขชุมชน*, 19(2), 55–68.

พิชิต พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2559). *การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชาย วัฒนกิจ และคณะ. (2564). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในจังหวัดนครสวรรค์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร*, 9(1), 33–45.

สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก. (2567). *รายงานข้อมูลเกษตรกรและพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดพิษณุโลก.* พิษณุโลก: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2566). *รายงานการนำเข้าสารเคมีทางการเกษตร ของประเทศไทย พ.ศ. 2566.* กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

Best, J. W. (1977*). Research in education (3rd ed.).* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). New York, NY: John Wiley & Sons.

Cronbach, L. J. (1951). *Coefficient alpha and the internal structure of tests.* Psychometrika, 16(3), 297–334.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 5*(1), 1–4. doi:10.11648/j.ajtas.20160501.11

International Labour Organization. (2022). *Safety and health in agriculture*. Retrieved January 15, 2025, from ILO Safety and Health in Agriculture.

Lohr, S. L. (2022). *Sampling: Design and analysis* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Nguyen, T. H., Le, Q. T., & Tran, M. H. (2023). Pesticide exposure and health risk among farmers in Northern Vietnam. *Journal of Environmental Health Research, 33*(4), 250–262.

Pender, N. J. (1996). *Health promotion in nursing practice* (3rd ed.). Stamford, CT: Appleton & Lange.

Pender, N. J., Murdaugh, C. L., & Parsons, M. A. (2015). *Health promotion in nursing practice* (7th ed.). Boston, MA: Pearson. Pearson Health Promotion in Nursing Practice

Rosenstock, I. M. (1974). Historical origins of the health belief model. *Health Education Monographs, 2*(4), 328–335. DOI: Historical Origins of the Health Belief Model DOI

Rosenstock, I. M., Strecher, V. J., & Becker, M. H. (1988). Social learning theory and the health belief model. Health Education Quarterly, 15(2), 175–183.

U.S. Environmental Protection Agency. (2022). *Human health risk assessment: Framework for risk characterization.* Washington, DC: Author.

U.S. Environmental Protection Agency. (2024). Human health risk assessment. Retrieved January 15, 2025, from https://www.epa.gov/risk

World Health Organization. (2022). *Pesticide exposure and health effects in agricultural workers: Global report 2022.* Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2023). Chemical safety and health in agricultural workers. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

World Health Organization. (2024). Public health impact of pesticides used in agriculture. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis* (3rd ed.). New York, NY: Harper & Row.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของชนิดและปริมาณสารก่อฟองต่อสมบัติเชิงกลของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติม

ดริญญา มูลชัย* เกียรติภูมิ นามวิเศษ และ ครรชิต ดุมา

สาขาอุตสาหกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ถนนสันทราย-พร้าว ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

*E-mail: darinyamoonchai@gmail.com, 0992944419

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในปริมาณคงที่ 30 parts per hundred of rubber (phr) โดยศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารก่อฟอง 2 ชนิด ได้แก่ ออกซีบิส(เบนซีนซัลโฟนิลไฮดราไซด์) (Oxybis(benzenesulfonyl hydrazide), OBSH) และอะโซไดคาร์บอนาไมด์ (Azodicarbonamide, ADC) ที่แปรปริมาณตั้งแต่ 0 ถึง 10 phr ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณสารก่อฟองส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงของโฟมยางทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง โดยโฟมยางที่ใช้ OBSH มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่ายางที่ใช้ ADC ในขณะที่ความต้านทานการฉีกขาด และค่าการกระเด้งกระดอนของโฟมยางที่เติม OBSH มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดตามปริมาณสารก่อฟองที่เพิ่มขึ้น ต่างจากโฟมยางที่เติม ADC ที่มีค่าความต้านทานการฉีกขาดและค่าการกระเด้งกระดอนค่อนข้างคงที่ ในส่วนของความต้านทานการสึกหรอ พบว่าโฟมยางที่เติม OBSH มีปริมาตรการขัดถูเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงถึงความต้านทานการสึกหรอที่ลดลง ขณะที่โฟมยางที่เติม ADC มีปริมาตรการขัดถูลดลงเมื่อเติมสารก่อฟองที่ 2 phr และมีค่าค่อนข้างคงที่ในระดับปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงสมบัติความต้านทานการสึกหรอที่ดีกว่าการใช้ OBSH นอกจากนี้การเสียรูปหลังการกดอัดของโฟมยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารก่อฟอง โดยโฟมยางที่ใช้ OBSH จะเกิดการเสียรูปหลังการกดอัดมากกว่าการใช้ ADC

คำสำคัญ: โฟมยางธรรมชาติ, รำสกัดน้ำมัน, สารก่อฟอง, สมบัติเชิงกล

Influence of Blowing Agent Type and Content on Mechanical Properties of Defatted Rice Bran-Filled Natural Rubber Foam

Darinya Moonchai*, Keartiphum Namwiset, and Kanchit Duma

Rubber and Polymer Industry Programme, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University
63 Moo 4 Sansai-Phrao Road, Nongharn, Sansai District, Chiang Mai, Thailand, 50290

*E-mail: darinyamoonchai@gmail.com, 0992944419

Abstract

The objective of this work was to study the mechanical properties of defatted rice bran-filled natural rubber foam, using a constant defatted rice bran (DRB) content of 30 phr. The effects of the type and content of blowing agents, namely Oxybis(benzenesulfonyl hydrazide (OBSH) and azodicarbonamide (ADC), were investigated by varying their contents from 0 to 10 phr. The results indicated that the tensile strength of both types of rubber foam tended to decrease with increasing blowing agent content. Furthermore, the foams containing OBSH exhibited lower tensile strength than those containing ADC. The tear strength and rebound resilience of the foams containing OBSH decreased significantly with increasing blowing agent content, unlike the foams containing ADC, which showed relatively constant values. Regarding abrasion resistance, the OBSH-containing foams exhibited a marked increase in abrasion volume, indicating reduced abrasion resistance. In contrast, the abrasion volume of the ADC-containing foams decreased at 2 phr and remained relatively constant at higher contents, demonstrating better abrasion resistance compared to OBSH. Furthermore, the compression set of the rubber foams increased with the blowing agent content, where the use of OBSH resulted in greater deformation after compression than ADC.

Keywords: Natural Rubber Foam, Defatted Rice Bran, Blowing Agent, Mechanical Properties

1. บทนำ

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางมักมีการเติมสารตัวเติมเพื่อปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางความร้อน และสมบัติการแปรรูป รวมถึงเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ปัจจุบันทั่วโลกกำลังขับเคลื่อนเข้าสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) เพื่อลดการพึ่งพาสารเคมีสังเคราะห์และหันมาใช้วัสดุฐานชีวภาพ (Bio-based materials) ที่ยั่งยืน การนำชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ทดแทนสารตัวเติมแบบดั้งเดิมจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นสารตัวเติมที่เกิดใหม่ทดแทนได้ (Renewable fillers) มีปริมาณมาก และหาได้ง่าย แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวโน้มการวิจัยในปัจจุบันที่มีการนำวัสดุฐานชีวภาพและของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น หญ้าเนเปียร์ เส้นใยใบสับปะรด กากกาแฟ เปลือกโกโก้ (Yodpanya et al., 2025) หรือถ่านกัมมันต์จากเศษพืช เช่น จุกสับปะรด ชานอ้อย และกากกาแฟ (Charoeythornkhajhornchai et al., 2025) มาใช้เป็นสารตัวเติมสีเขียว (Green fillers) ทดแทนการใช้เขม่าดำและซิลิกา อันเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สำหรับโฟมยางธรรมชาติ (Natural rubber foam) เป็นผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่มีโครงสร้างรูพรุนภายในเนื้อยาง เกิดจากการนำยางธรรมชาติมาผสมคอมพาวนด์กับสารเคมีต่าง ๆ ได้แก่ สารทำให้ยางคงรูป สารตัวเร่ง สารกระตุ้น สารตัวเติม และสารก่อฟอง จากนั้นนำยางคอมพาวนด์ไปผ่านกระบวนการคงรูปด้วยความร้อน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงสายโซ่โมเลกุล (Vulcanization) ควบคู่ไปกับการสลายตัวของสารก่อฟองจนกลายเป็นแก๊ส ก่อให้เกิดโครงสร้างรูพรุน ผลิตภัณฑ์โฟมยางที่ได้จึงมีสมบัติเด่นและนิยมนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างหลากหลาย เช่น วัสดุฉนวนความร้อน งานบรรจุภัณฑ์ และวัสดุกันกระแทก

สารก่อฟองถือเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลโดยตรงต่อลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างเซลล์รูพรุน และสมบัติขั้นสุดท้ายของโฟมยาง โดยสารก่อฟองที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยางมีอุณหภูมิการสลายตัวที่แตกต่างกัน เช่น ออกซีบิสเบนซีนซัลโฟนิลไฮดราไซด์ (Oxybis(benzenesulfonyl hydrazide), OBSH) และอะโซไดคาร์บอนาไมด์ (Azodicarbonamide, ADC) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมัน (Defatted rice bran) เป็นสารตัวเติม โดยมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง (OBSH และ ADC) ที่มีต่อสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของโฟมยาง ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานการฉีกขาด ความต้านทานการสึกหรอ ค่าการกระเด้งกระดอน และการเสียรูปหลังการกดอัด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โฟมยางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่นำรำสกัดน้ำมัน (Defatted Rice Bran: DRB) มาประยุกต์ใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ (Moonchai et al., 2012; Moonchai and Moonchai, 2013; Moonchai et al., 2015,

2016) โดยจากการศึกษาของ Moonchai et al. (2015) ในการเตรียมโฟมยางธรรมชาติด้วยยางแท่งชนิด STR 5L และแปรปริมาณรำสกัดน้ำมันในช่วง 0–50 phr พบว่า โฟมยางมีขนาดรูพรุนใหญ่ขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่ารำสกัดน้ำมันสามารถช่วยเพิ่มปริมาณรูพรุนให้กับผลิตภัณฑ์โฟมยาง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบาขึ้น โดยงานวิจัยดังกล่าวระบุว่าสามารถเติมรำสกัดน้ำมันได้สูงถึง 30 phr โดยที่โฟมยางที่ได้ยังคงมีค่าการเสียรูปหลังการกดอัด (Compression set) ใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่ใช้สารตัวเติม นอกจากนี้ การใช้รำสกัดน้ำมันยังช่วยดับกลิ่นของยางและสารเคมีในยางคงรูปได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับสารตัวเติมทางการค้า พบว่าการใช้รำสกัดน้ำมันช่วยให้โฟมยางธรรมชาติมีขนาดรูพรุนที่ใหญ่และมีการกระจายตัวของรูพรุนที่สม่ำเสมอกว่าการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตและดินขาว (Moonchai et al., 2016) นอกจากบทบาทของสารตัวเติมประเภทชีวมวลแล้ว ชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางสัณฐานวิทยาของโฟมยาง สารก่อฟองแต่ละชนิดมีพฤติกรรม อุณหภูมิในการสลายตัว และอัตราการปลดปล่อยแก๊สที่แตกต่างกันออกไป โดยสารก่อฟองที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยางมีหลากหลายชนิด ตัวอย่างที่สำคัญ ได้แก่ สารก่อฟองอินทรีย์ประเภทอะโซ (Azo compounds) เช่น ADC ซึ่งมักมีอุณหภูมิสลายตัวสูง และสารก่อฟองประเภทไฮดราไซด์ (Hydrazide derivatives) เช่น OBSH ซึ่งสลายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

การเลือกใช้สารก่อฟองทั้งสองชนิดนี้ในปริมาณที่ต่างกัน ย่อมส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างของเซลล์ ความหนาแน่น และสมบัติของโฟมยางธรรมชาติผสมรำสกัดน้ำมัน ทั้งนี้ Najib และคณะ (2009) ได้ศึกษาในโฟมยางธรรมชาติและพบว่า การเพิ่มปริมาณสารก่อฟองจะช่วยลดความหนาแน่นและส่งผลให้ขนาดเฉลี่ยของเซลล์รูพรุนมีขนาดเล็กลงและมีความสม่ำเสมอมากขึ้น เนื่องจากปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในระบบมีจำนวนมากขึ้น ในขณะเดียวกัน ดริญญา และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารก่อฟองต่อสมบัติของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในปริมาณคงที่ 30 phr โดยใช้สารก่อฟอง 2 ชนิด ได้แก่ ADC และ OBSH ที่แปรปริมาณตั้งแต่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 phr ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อฟองส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของโฟมยางลดลง และพบว่าการใช้ OBSH ให้โฟมยางที่มีจำนวนและความสม่ำเสมอของรูพรุนมากกว่าการใช้ ADC

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมยางและสารเคมี

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมโฟมยางธรรมชาติเมื่อใช้รำสกัดน้ำมัน (DRB) เป็นสารตัวเติม สารเคมีที่ใช้แสดงดังตารางที่ 1 นำ DRB ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh ไปอบไล่ความชื้นที่ อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 17 h ก่อนนำไปใช้ และ DRB มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 2.43 m^2/g เพื่อหาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสารก่อฟองต่อสมบัติของโฟมยางธรรมชาติ ทำการแปรปริมาณของสารก่อฟองทั้งสองชนิด ได้แก่ OBSH และ

ADC ในปริมาณ 0 ถึง 10 phr จากนั้นผสมสารกับยางเคมีตามสูตรที่กำหนดโดยใช้เครื่องผสมแบบเปิด (Two roll mill รุ่น YFTR-8)

การขึ้นรูปและคงรูปโฟมยางธรรมชาติผสมรำสกัดน้ำมัน

นำยางคอมพาวนด์ที่ได้ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 h ก่อนนำไปอัดขึ้นรูป โดยใช้เครื่องอัดยางไฮโดรลิก (Compression molding machine OOMN semi-automatic moulding press model HPC-100(D)) ที่อุณหภูมิ 150 °C โดยขึ้นรูปด้วยเบ้าพิมพ์ตามมาตรฐานการทดสอบสมบัติยางต่าง ๆ

ตารางที่ 1 สูตรยางผสมสารเคมี

Ingredients	Amount (phr)					
	0	1	2	3	4	5
ยางธรรมชาติ (NR, STR 20)	100	100	100	100	100	100
สารกระตุ้น (Stearic acid)	2	2	2	2	2	2
สารกระตุ้น (ZnO)	5	5	5	5	5	5
สารก่อฟอง (OBSH/ADC)	0	2	4	6	8	10
สารตัวเติมรำสกัดน้ำมัน (DRB 80 mesh)	30	30	30	30	30	30
สารตัวเร่ง (MBTS)	1	1	1	1	1	1
สารตัวเร่ง (TMTD)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
สารป้องกันยางเสื่อม (Lowinox®CPL)	1	1	1	1	1	1
พลาสติไซเซอร์ (Paraffinic oil)	3	3	3	3	3	3
สารคงรูป (Sulfur)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

การทดสอบสมบัติ

ก. การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

การทดสอบโดยใช้เครื่องวัดแรงดึงเอนกประสงค์ (Universal testing machine) ตามมาตรฐาน ISO 37-1 โดยนำยางที่ขึ้นรูปหนา 2 cm ตัดเป็นรูปดัมเบลล์ แล้วนำไปทดสอบที่ความเร็ว 500 mm/min ใช้โหลดเซลล์ขนาด 1 kN ค่าความต้านทานแรงดึงคำนวณจากสมการที่ (1)

$$\text{Tensile Strength} = \frac{F}{A} \quad (1)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด, N

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ, mm^2

ข. การทดสอบความต้านทานการฉีกขาด (Tear strength)

ใช้เครื่องเดียวกันกับการทดสอบความต้านทานแรงดึง ใช้ชิ้นทดสอบแบบมุม โดยทำตามมาตรฐาน ISO 34-1 ซึ่งค่าความต้านทานการฉีกขาดสามารถคำนวณจากสมการที่ (2) ดังนี้

$$\text{Tear strength} = \frac{F}{D} \quad (2)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงที่ใช้ดึงชิ้นงานจนขาด, kN

D คือ ความหนาของชิ้นงาน, mm

ค. การทดสอบการกระเด้งกระดอน (Rebound resilience)

ทดสอบโดยใช้มาตรฐาน DIN 53512 (Pendulum) ขึ้นรูปชิ้นทดสอบเป็นทรงกระบอก หนา 1.3 cm เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.9 cm จากนั้นยกหัวค้อนให้อยู่ในแนวขนานกับพื้น ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อปล่อยให้หัวค้อนกระแทกกับชิ้นงานตัวอย่าง จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การกระเด้งกระดอน (R) ตามสมการที่ (3)

$$R\ (\%) = (1 - \cos\alpha) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ R คือ ค่าการกระเด้งกระดอน, %

α คือ มุมที่ตุ้มน้ำหนักกระดอนหลังตกกระทบ, องศา

ง. ทดสอบค่าการยุบตัวเนื่องจากการอัด

การเสียรูปหลังการกดอัดทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D395 (Method B; Type 1) โดยนำชิ้นทดสอบรูปทรงกระบอกหนา 1.3 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.9 cm มาวางระหว่างแผ่นอัด ขันเกลียวให้แผ่นอัดอัดยางให้ยุบลงไป 25% ของความหนาเริ่มต้น จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 22 h เมื่อครบตามกำหนดเวลานำออกจากตู้อบ แกะเอาแผ่นเหล็กอัดออก แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 min คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยุบตัวเนื่องจากแรงอัดจากสมการที่ (4)

$$\text{Compression Set}\ (\%) = \frac{(t_0 - t_1) \times 100}{t_0 - t_n} \quad (4)$$

เมื่อ t_0 คือ ความสูงของชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบ, mm

t_1 คือ ความสูงของชิ้นทดสอบหลังการทดสอบ, mm

t_n คือ ความสูงของแผ่นกั้น, mm

จ. การทดสอบความต้านทานการสึกหรอ

ทดสอบตามมาตรฐาน DIN 53516 โดยมีน้ำหนักในการกดชิ้นทดสอบ 2.5 N ระยะทางในการทดสอบ 40 cm ใช้ชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 cm และหนา 0.64 cm ให้สัมผัสกับพื้นผิวขัดที่พันอยู่รอบลูกกลิ้งชั่งน้ำหนักก่อนและหลัง เพื่อคำนวณหาเป็นปริมาตรที่หายไปตามสมการที่ (5)

$$\text{Volume Loss} = \frac{(W_1 - W_2)}{D} \times \frac{200}{S_c} \quad (5)$$

เมื่อ Volume Loss คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่สูญเสียไป, mm^3

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น, mg

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังการทดสอบ, mg

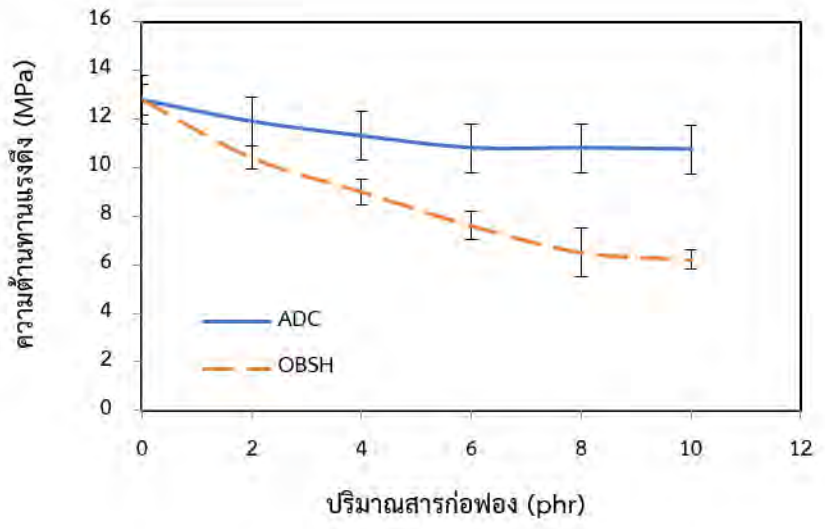
S_c คือ น้ำหนักที่สูญเสียไปของยางมาตรฐาน, mg

D คือ ความหนาแน่นของตัวอย่าง, mg/mm^3

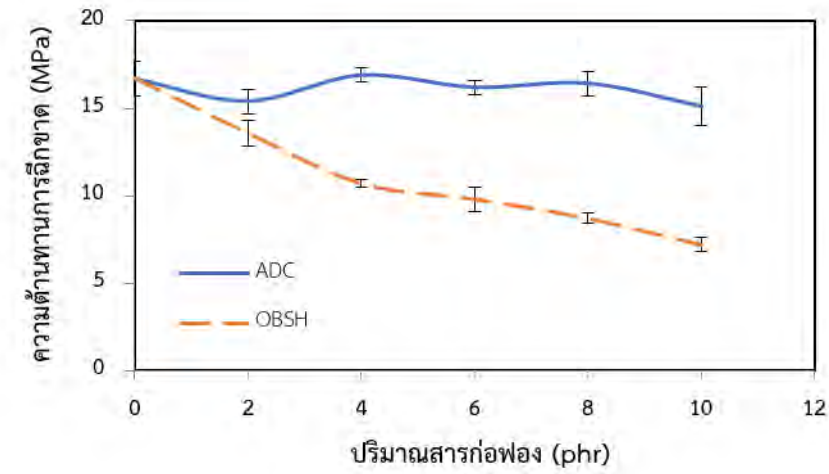
4. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารก่อฟองกับความต้านทานแรงดึง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อฟองจะทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลง เนื่องจากสารก่อฟองเกิดการสลายตัวเป็นแก๊สขึ้นภายในเนื้อยาง ทำให้ภายในเนื้อยางเกิดรูพรุนขึ้นส่งผลให้ปริมาณเนื้อยางที่สามารถรับแรงน้อยลง และจากกราฟจะเห็นว่ายางที่เติมสารก่อฟองชนิด OBSH มีความต้านทานแรงดึงน้อยกว่ายางที่ใช้ ADC เป็นสารก่อฟอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ดริญญา และคณะ (2560) ศึกษาค่าความหนาแน่น และลักษณะรูพรุนของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในปริมาณคงที่ 30 phr พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อฟองส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของโฟมยางลดลง และการใช้ OBSH ให้โฟมยางที่มีจำนวนและความสม่ำเสมอของรูพรุนมากกว่าการใช้ ADC และจากงานวิจัยของ Thongpin และ Angsupanich (2023) ที่รายงานว่าการใช้สารก่อฟองชนิด OBSH ช่วยให้เกิดความหนาแน่นของเซลล์และการกระจายตัวของขนาดรูพรุนที่ดีกว่าการใช้ ADC

ความต้านทานการฉีกขาดของโฟมยางที่ใช้ OBSH มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณ OBSH ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากยางมีรูพรุนจำนวนมากขึ้นทำให้ส่วนที่เป็นเนื้อยางลดลง จึงส่งผลทำให้ความสามารถในการต้านทานการฉีกขาดลดลง ในขณะที่ยางที่เติม ADC ความต้านทานการฉีกขาดค่อนข้างคงที่แสดงดังรูปที่ 2



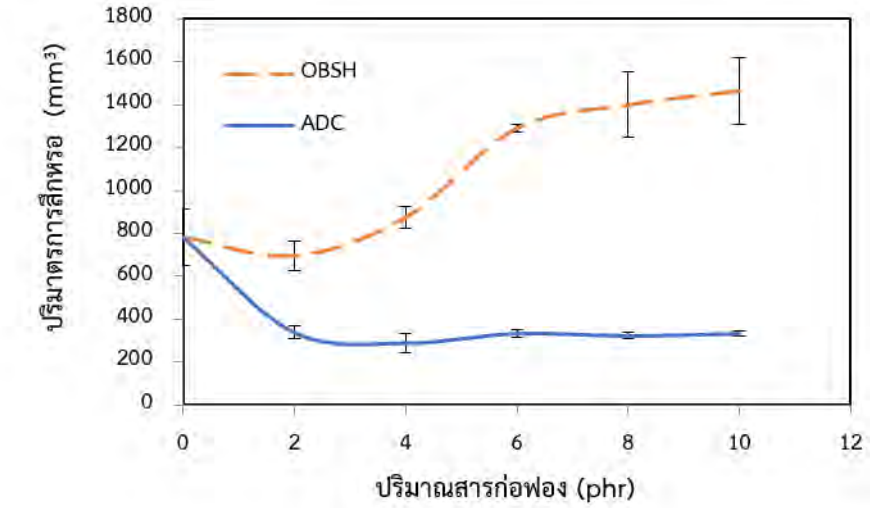
รูปที่ 1 ค่าความต้านทานแรงดึงของโฟมยางที่แปรชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง



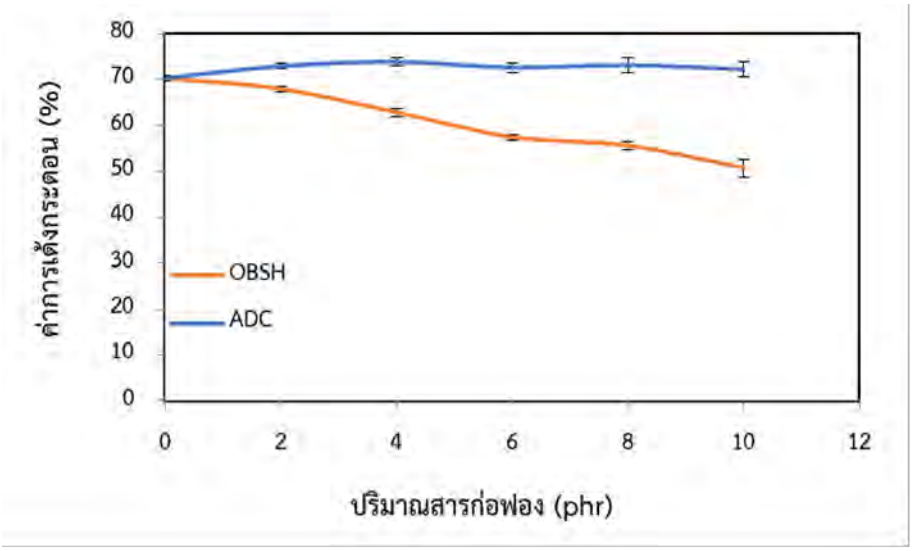
รูปที่ 2 ค่าความต้านทานการฉีกขาดของโฟมยางที่แปรชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง

จากรูปที่ 3 พบว่าโฟมยางที่ใช้ OBSH เป็นสารก่อฟองมีปริมาตรการสึกหรอที่เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณ OBSH ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มความต้านทานการสึกหรอที่ลดลง เนื่องจากยางมีรูพรุนเพิ่มขึ้นพื้นที่ความเป็นยางน้อยลง ในขณะที่โฟมยางที่เติม ADC มีปริมาตรการสึกหรอลดลงและมีค่าสม่ำเสมอเมื่อปริมาณ ADC

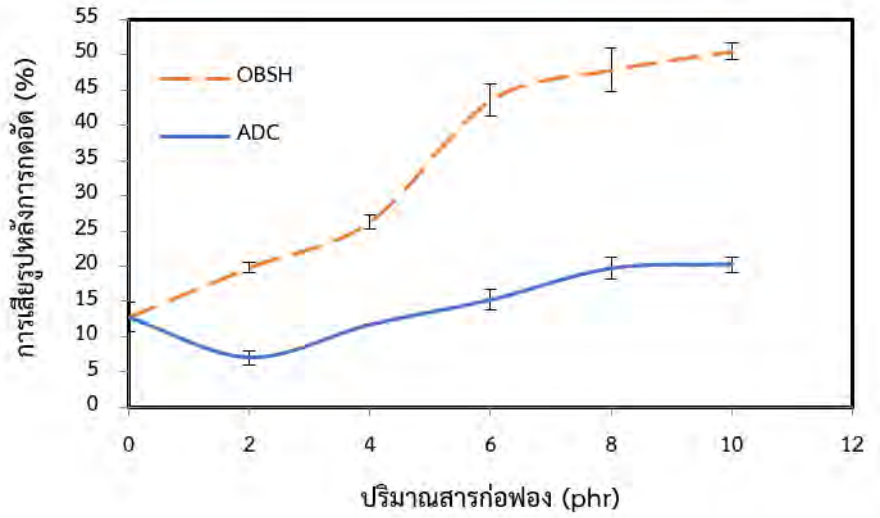
ตั้งแต่ 2-10 phr ค่าการเด้งกระดอนของยางที่เติม OBSH จะมีค่าลดลงตามปริมาณของ OBSH ที่เพิ่มขึ้น ต่างจากโฟมยางที่เติม ADC ที่ค่าการกระเด้งกระดอนค่อนข้างคงที่ (รูปที่ 4) รูปที่ 5 แสดงค่าการเสียรูปหลังการกดอัดของยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารก่อฟอง เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อฟองทำให้ภายในโฟมยางเกิดรูพรุนเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสารก่อฟองทั้งสองชนิดจะเห็นได้ว่า OBSH จะเสียรูปหลังการกดอัดมากกว่า ADC เนื่องจากยางที่เติม OBSH จะมีรูพรุนมากกว่าในขณะที่ ADC สามารถเกิดฟองได้น้อยกว่าจึงทำให้ยางสามารถคืนตัวได้ดีกว่ายางที่เติม OBSH



รูปที่ 3 ค่าความต้านทานการสึกหรอของโฟมยางที่แปรชนิดและปริมาณของสารกอฟอง



รูปที่ 4 ค่าการกระเด้งกระดอนของโฟมยางที่แปรชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง



รูปที่ 5 การเสียรูปหลังการกดอัดของโฟมยางที่แปรชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง

5. สรุป

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าชนิดและปริมาณของสารก่อฟองส่งผลโดยตรงต่อสมบัติเชิงกลของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติม พบว่าที่อุณหภูมิการขึ้นรูปที่ 150 °C เมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อฟองส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าการเสียรูปหลังการกดอัดของโฟมยางมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณรูพรุนที่เพิ่มขึ้นภายในเนื้อยาง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารก่อฟองทั้งสองชนิด พบว่า โฟมยางที่ใช้ ADC ให้ค่าความต้านทานแรงดึงที่สูงกว่า รวมถึงมีค่าการเสียรูปหลังการกดอัดที่ต่ำกว่า (คืนตัวได้ดีกว่า) ในขณะที่การใช้ OBSH จะส่งผลให้สมบัติเชิงกลต่าง ๆ ลดลงตามปริมาณสารก่อฟองที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้โฟมยางที่ใช้ ADC ยังแสดงสมบัติความต้านทานการฉีกขาด ค่าการกระเด้งกระดอน และความต้านทานการสึกหรอที่ดีกว่าการใช้ OBSH จากลักษณะสมบัติดังกล่าว โฟมยางระบบที่ใช้ ADC จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงและทนทานต่อแรงกระทำเชิงกลสูง เช่น พื้นรองเท้ากีฬา หรือแผ่นยางกันกระแทกในงานอุตสาหกรรม ในขณะที่โฟมยางที่ใช้ OBSH จะเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปริมาณรูพรุนจำนวนมากสำหรับใช้ดูดซับพลังงานและเสียง เช่น ฉนวนดูดซับเสียง เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาอุตสาหกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่และอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

Charoeythornkhajhornchai, P., Saehia, P., Butchan, T., Lertumpai, N., & Muangrat, W. (2025). Enhancement of mechanical properties of natural rubber filled activated carbon materials from agricultural waste. *Journal of Renewable Materials*. https://doi.org/10.32604/jrm.2025.02024-0017

Moonchai, D., Juntamui, P., & Ruankum, R. (2015). Utilization of defatted rice bran as a filler for cellular natural rubber. *RMUTI Journal*, Special Issue 1, 451–457.

Moonchai, D., Juntamui, P., & Ruankum, R. (2016). Effect of defatted rice bran, calcium carbonate and clay on properties of cellular natural rubber. *Silpakorn University Science and Technology Journal*, *10*(4), 10–14.

Moonchai, D., Moryadee, N., & Poosodsang, N. (2012). Comparative properties of natural rubber vulcanisates filled with defatted rice bran, clay and calcium carbonate. *Maejo International Journal of Science and Technology*, *6*(2), 249–258.

Moonchai, S., & Moonchai, D. (2013). Modelling and optimization of rebound resilience and hardness of defatted rice bran/calcium carbonate-filled NR vulcanisates. *Polymer Testing*, *32*, 1472–1478.

Najib, N. N., Ariff, Z. M., Manan, N. A., Bakar, A. A., & Sipaut, C. S. (2009). Effect of blowing agent concentration on cell morphology and impact properties of natural rubber foam. *Journal of Physical Science*, *20*(1), 13–25.

Thongpin, C., & Angsupanich, L. (2023). Effect of blowing agents on properties of cellular rubber of natural rubber / chloroprene blends. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1280*, Article 012020.

Yodpanya, S., Phothikamon, W., Sirisinha, C., Sae-Oui, P., Chanapattharapol, K. C., Poosimma, P., Lorwanishpaisarn, N., & Siriwong, C. (2025). Properties and potential of green natural rubber composites filled with biofillers from *Cassia bakeriana* Craib and *Cassia fistula* L. pods. *ACS Omega*, *10*, 20875–20885.

ดริญญา มูลชัย, เกียรติภูมิ นามวิเศษ, และครรชิต ดุมา. (2560). อิทธิพลของสารก่อฟองต่อสมบัติของโฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติม. ใน *รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2560 ภาคบรรยาย* (น. 286–294). สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.



การพัฒนาอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้

บุษกร ปานแอ๊ต[1], กนกวรรณ บัณฑุชัย[1*], อภิชาต โชติชื่น[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่
68/1 ถนนสนามกีฬา ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50200

*ganokwun.bun@gmail.com, 08-6673-1543

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพนวัตกรรมอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้รูปแบบสองหน้าสัมผัสสำหรับการปฐมพยาบาล ดำเนินการโดยพัฒนาสูตรสารทำความเย็นจากปฏิกิริยาดูดความร้อนบรรจุในถุงโครงสร้างพลาสติกโพลีเอไมด์ผสมโพลีเอทิลีน (PA/PE) และผ้านอนวูฟเวน ผลการทดสอบพบว่า นวัตกรรมสูตรยูเรีย 100 กรัม สามารถลดอุณหภูมิสู่ 1.5 องศาเซลเซียส ภายใน 60 วินาที และคงความเย็นบำบัดได้นาน 13.3 นาที โครงสร้างถุงน้ำทรงพีระมิดภายในช่วยให้บีบแตกตัวได้แม่นยำ โดยหน้าสัมผัสด้านผ้านอนวูฟเวนหน่วงความเย็นที่ผิวหนังไว้ที่ 21.3 องศาเซลเซียส ช่วยป้องกันผิวหนังบาดเจ็บจากความเย็น (Ice burn) ขณะที่ด้านพลาสติกให้ความเย็นลึก 8.4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้สารประกอบโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ยังช่วยเปลี่ยนสารละลายเป็นเนื้อเจล ซึ่งเมื่อนำไปแช่แข็งข้ามคืนยังคงสภาพเจลยืดหยุ่นและนำกลับมาใช้ประคบซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ อุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลัน, การนำกลับมาใช้ซ้ำ, การปฐมพยาบาล

Development of a Reusable Instant Cold Pack

Busakorn Panaet[1], Ganokwun Buntuchai[1*], Apichart Chotchuen[1]

[1] Faculty of Sports and Health Science, Thailand National Sports University, Chiangmai Campus
68/1 Sanam Keela Road, Sri Phoom Sub-district, Mueang District, Chiang Mai 50200

*ganokwun.bun@gmail.com, 08-6673-1543

Abstract

This research aimed to develop and evaluate the efficiency of an innovative dual-sided reusable instant cool pack designed for sports first aid. The device utilizes an endothermic reaction inside a non-woven fabric and PA/PE plastic pouch. Results showed the optimized formula (100g urea) dropped to 1.5°C within 60 seconds and maintained therapeutic cooling for 13.3 minutes. The pyramid-shaped inner pouch ensured reliable activation upon squeezing. The non-woven side regulated skin temperature at 21.3°C to prevent cold-induced ice burns, while the plastic side provided deep cooling at 8.4°C. Furthermore, the carboxymethyl cellulose (CMC) gelling agent successfully transformed the solution into a flexible hydrogel state, allowing effective reusability after subsequent freezing cycles.

Keywords: Instant cold pack, Reusable, First aid

1. บทนำ

การบาดเจ็บทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกเฉียบพลันอันเกิดจากการเล่นกีฬาหรือการทำกิจกรรมกลางแจ้งจำเป็นต้องได้รับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นอย่างทันท่วงทีตามหลักการ R.I.C.E. (Rest, Ice, Compression, Elevation) การบำบัดด้วยความเย็นมีกลไกออกฤทธิ์โดยกระตุ้นให้หลอดเลือดหดตัวและลดการไหลเวียนของเลือดบริเวณที่ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งส่งผลให้ลดอาการบวม ชะลอกระบวนการอักเสบ และบรรเทาอาการปวดได้อย่างมีประสิทธิผล โดยเฉพาะเมื่อให้การรักษาทันทีภายหลังการบาดเจ็บ (Block, 2010) อย่างไรก็ตาม อุปสรรคสำคัญในทางปฏิบัติคือการที่ผู้บาดเจ็บในพื้นที่ห่างไกล สนามแข่งขัน หรือเส้นทางเดินป่ามักไม่สามารถเข้าถึงตู้แช่แข็งหรือน้ำแข็งได้โดยสะดวกและทันเวลา ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการปฐมพยาบาลและพลาดช่วงเวลาที่มีประสิทธิผลสูงสุดในการรักษา

แม้ในปัจจุบันจะมีอุปกรณ์ประคบเย็นจำหน่ายในท้องตลาดหลายประเภท แต่อุปกรณ์แต่ละชนิดยังคงมีข้อจำกัดในการใช้งานจริงที่แตกต่างกัน ถุงเจลประคบเย็นแบบมาตรฐานมีข้อจำกัดด้านการเตรียมความพร้อม เนื่องจากต้องผ่านกระบวนการแช่แข็งล่วงหน้า จึงไม่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ฉุกเฉินนอกสถานที่ได้ทันที ในขณะที่ถุงประคบเย็นแบบฉับพลัน (Instant cold packs) สามารถให้ความเย็นได้ทันทีโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีดูดความร้อน (Myers, 2017) แต่มีข้อจำกัดด้านความปลอดภัย กล่าวคือ บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีอุณหภูมิต่ำจัดอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อจากความเย็น เมื่อสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง (Kujawska et al., 2009) ซึ่งทำให้ผู้ใช้จำเป็นต้องมีวัสดุรองรับเพิ่มเติม อันอาจไม่สะดวกในสภาวะฉุกเฉิน ยิ่งไปกว่านั้นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ในท้องตลาดได้รับการออกแบบให้ใช้งานได้เพียงครั้งเดียว เมื่อปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุดลงแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ เนื่องจากสารละลายภายในจะสูญเสียพลังงานในการเกิดปฏิกิริยาเคมีซ้ำ หากพยายามนำไปแช่แข็งเพื่อใช้งานใหม่ โครงสร้างของเหลวภายในจะจับตัวแข็งเป็นก้อนกระด้าง ขาดความยืดหยุ่นในการโอบรับสรีระส่วนที่บาดเจ็บ (Intco Medical, 2026) ก่อให้เกิดของเสียจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกในปริมาณมาก ซึ่งขัดต่อหลักการพัฒนาที่ยั่งยืนและแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากข้อจำกัดดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้ที่บูรณาการข้อดีของอุปกรณ์ประคบเย็นทั้งสองรูปแบบเข้าด้วยกัน โดยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นใช้หลักการปฏิกิริยาเคมีดูดความร้อนเพื่อให้ความเย็นได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยตู้แช่แข็ง พร้อมทั้งผสมสารก่อเจลเพื่อให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นเนื้อเจลหลังการใช้งาน ทำให้ผู้ใช้สามารถนำกลับไปแช่แข็งเพื่อใช้ซ้ำได้เช่นเดียวกับถุงเจลประคบเย็นทั่วไป นอกจากนี้ยังออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีสองด้านสัมผัสที่แตกต่างกัน ได้แก่ ด้านพลาสติกสำหรับประคบผ่านเสื้อผ้า และด้านที่บุด้วยผ้าเพื่อเป็นฉนวนกรองความเย็นและรองรับหยดน้ำเกาะ ทำให้สามารถประคบบนผิวหนังได้โดยตรงอย่างปลอดภัยโดยไม่ต้องใช้ผ้ารอง การวิจัยนี้มุ่งหวังให้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณขยะพลาสติก เพิ่มความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และตอบสนองความต้องการด้านปฐมพยาบาลของนักกีฬาและผู้ที่ทำกิจกรรมกลางแจ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การบาดเจ็บทางการกีฬาในระยะเฉียบพลันจำเป็นต้องได้รับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นอย่างทันท่วงที ตามหลักการ R.I.C.E. เพื่อยับยั้งกระบวนการอักเสบและบรรเทาอาการปวด จากการศึกษาทางคลินิกพบว่า อุณหภูมิผิวหนังเป้าหมายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบำบัดด้วยความเย็น (Cryotherapy) เพื่อลดอาการบวม และภาวะตกเลือดในเนื้อเยื่ออยู่ในช่วง 10 ถึง 15 องศาเซลเซียส (Belsey et al., 2024; Jdidi et al., 2024) โดยกลไกการหดตัวของหลอดเลือดส่วนปลาย (Cutaneous vasoconstriction) จะถูกกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงระดับสูงสุดเมื่ออุณหภูมิผิวหนังลดลงเหลือประมาณ 31 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า (Charkoudian, 2010) และความเย็นที่ระดับ 13.6 องศาเซลเซียสสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะชาเฉพาะที่ (Local anesthesia) เพื่อระงับความเจ็บปวดได้อย่างมีประสิทธิผล (Jdidi et al., 2024) อย่างไรก็ตาม หากอุณหภูมิผิวหนังลดต่ำกว่า 4.4 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเนื้อเยื่อบาดเจ็บถาวรจากความเย็นจัด (Kujawska et al., 2009) การควบคุมอัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณพื้นผิวสัมผัสจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบอุปกรณ์ประคบเย็นที่มีความปลอดภัยเพียงพอสำหรับการใช้งานทางคลินิก

กลไกการทำความเย็นฉับพลันโดยไม่ต้องพึ่งพาตู้แช่แข็งอาศัยหลักการทางอุณหพลศาสตร์ของกระบวนการดูดความร้อนจากการละลายของสารประกอบเคมีในน้ำ โดยการละลายและแตกตัวของสารในกลุ่มยูเรีย (Urea) และแอมโมเนียมไนเตรต (Ammonium nitrate) จะดูดกลืนพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบเพื่อสลายโครงสร้างผลึกและแรงยึดเหนี่ยวเดิมของสาร ส่งผลให้อุณหภูมิของระบบลดลงอย่างรวดเร็วสู่จุดใกล้เยือกแข็งในทันที มีการศึกษาพบว่าแอมโมเนียมไนเตรตนั้นสามารถลดอุณหภูมิลงได้มากกว่ายูเรีย (Myers, 2017) นี่เป็นเหตุผลที่ทำให้แอมโมเนียมไนเตรต ถูกใช้ในถุงประคบเย็นแบบฉับพลันมากกว่ายูเรีย อย่างไรก็ตามหากใช้ไม่ถูกต้อง เช่น สัมผัสผิวโดยตรงนานเกินไป หรือถุงแตก อาจเกิดการทำลายเนื้อเยื่อรุนแรงได้ (Kujawska et al., 2009) มีการศึกษาพบว่าการเติมยูเรียในแอมโมเนียมไนเตรตจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพในการทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น โดยซึ่งช่วยให้มีความปลอดภัยด้านการเก็บ หรือขนส่งดีขึ้น และลดความเสี่ยงการสลายตัวรุนแรงหรือการระเบิด (Duan et al., 2023) ด้วยข้อจำกัดของผู้วิจัย จึงเลือกใช้ยูเรียเพียงอย่างเดียวเป็นสารหลักในการให้ความเย็นด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย

คุณลักษณะเชิงกล การควบคุมการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ประคบเย็นนั้นขึ้นอยู่กับการคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์ การใช้ถุงซีลสูญญากาศชนิดโพลีเอไมด์ผสมโพลีเอทิลีน (PA/PE) เป็นบรรจุภัณฑ์ส่วนนอกมีความเหมาะสมในด้านการทนต่ออุณหภูมิ อีกทั้งยังความทนทานต่อแรงกระแทก และรองรับการขยายตัวของโครงสร้างเจลในสภาวะเยือกแข็งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการใช้ผ้านอนวูฟเวน (Non-woven fabric) บุที่หน้าสัมผัสด้านหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นฉนวนกรองความเย็น โดยช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนในช่วงฉับพลันเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของผิวหนัง พร้อมทั้งดูดซับหยดน้ำที่เกาะบนพื้นผิว ทำให้สามารถประคบบนผิวหนังได้โดยตรงอย่างปลอดภัย นอกจากนี้

จากการทบทวนสิทธิบัตรและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง อาทิ แผ่นประคบของวชิระ แซ่พู (2552) และถุงเจลเย็นของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2563) พบช่องว่างทางการวิจัยที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมมักแยกการทำงานออกจากกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ ถุงเจลแบบนำกลับมาใช้ซ้ำได้จำเป็นต้องผ่านกระบวนการแช่แข็งล่วงหน้า จึงไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินในพื้นที่ห่างไกลได้ทันที ขณะที่ถุงประคบเย็นฉับพลันทั่วไปส่วนใหญ่เป็นแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งซึ่งก่อให้เกิดขยะพลาสติก และบรรจุภัณฑ์พลาสติกล้วนมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผิวหนังหากไม่มีวัสดุรองรับที่เหมาะสม นวัตกรรมนี้จึงได้รับการพัฒนาขึ้นโดยบูรณาการคุณสมบัติสำคัญสามประการไว้ในอุปกรณ์ปฐมพยาบาลชิ้นเดียว ได้แก่ ความสามารถในการทำความเย็นฉับพลันยามฉุกเฉิน การแปรสภาพเป็นไฮโดรเจลยืดหยุ่นเพื่อการนำกลับมาใช้ซ้ำ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์สองหน้าสัมผัสเพื่อป้องกันภาวะน้ำแข็งกัด

การศึกษานี้จึงกำหนดกรอบแนวคิดกรอบแนวคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงตั้งอยู่บนฐานของการบูรณาการองค์ความรู้จากสามสาขาวิชาหลัก ได้แก่ อุณหพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเคมีดูดความร้อน วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของไฮโดรเจล และวิศวกรรมวัสดุบรรจุภัณฑ์สำหรับการควบคุมการถ่ายเทความร้อน ซึ่งทั้งสามองค์ประกอบมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันในเชิงระบบ กล่าวคือ ประสิทธิภาพการทำความเย็นฉับพลันและความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการออกแบบที่สมดุลระหว่างปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นของสารก่อเจล และคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุบรรจุภัณฑ์ กรอบแนวคิดนี้จึงนำไปสู่การกำหนดตัวแปรสำคัญในการวิจัย ทั้งในด้านการประเมินสมรรถนะการทำความเย็น ความปลอดภัยในการสัมผัสผิวหนัง และความสามารถในการนำกลับมาใช้ซ้ำ เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานจริงในบริบทของการปฐมพยาบาลทางการกีฬา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้ครั้งนี้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and development) โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสร้างต้นแบบนวัตกรรม และระยะที่ 2 การทดสอบและประเมินผล

ระยะที่ 1 การสร้างต้นแบบนวัตกรรม

ระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโครงสร้างของอุปกรณ์ประคบเย็นให้สามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ประเด็นหลัก ดังนี้

1.1 การออกแบบบรรจุภัณฑ์

ผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรมและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นดำเนินการคัดเลือกวัสดุที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและเหมาะสมกับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารทำความเย็น ออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์และกำหนดวิธีการบรรจุสารเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาได้สะดวกในสถานการณ์ฉุกเฉิน จากนั้นทดลองบรรจุสารและทดสอบการใช้งานจริงด้วยการบีบ

กระตุ้น บันทึกผลการทดลองเชิงคุณภาพ และนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงต้นแบบอย่างวนซ้ำจนได้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

1.2 การกำหนดสัดส่วนสารเคมีที่เหมาะสม

ผู้วิจัยกำหนดชนิดของสารทำความเย็นที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ยูเรีย (Technical Grade, Urea 46%, บริษัท เซอร์นิค อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด) แอมโมเนียมคลอไรด์ (Cosmetic/Industrial Grade, รหัสสินค้า G015AC-A-1KG, บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด) สารก่อเจลคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Food Grade, สารเสริม CMC ตรานกคู่, หจก. หยกอินเตอร์เทรด เชียงใหม่) และน้ำกลั่น โดยควบคุมปริมาณน้ำที่ 100 กรัม แอมโมเนียมคลอไรด์ที่ 40 กรัม และสารก่อเจลที่ 0.8 กรัมคงที่ตลอดการทดลอง และกำหนดให้ปริมาณยูเรียเป็นตัวแปรอิสระที่ 4 ระดับ ได้แก่ 60, 80, 100 และ 120 กรัม ตามลำดับ เพื่อศึกษาผลของปริมาณยูเรียต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน

การทดสอบดำเนินการโดยบรรจุสารทำความเย็นในบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบไว้ จากนั้นบีบกระตุ้นถุงน้ำภายในให้แตกที่อุณหภูมิห้อง 27 องศาเซลเซียส และบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนพื้นผิวของอุปกรณ์ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดทุก 30 วินาที เป็นระยะเวลา 1,200 วินาที (20 นาที)

ระยะที่ 2 การทดสอบและประเมินผล

ระยะนี้มุ่งประเมินประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบนวัตกรรมในมิติที่ครอบคลุมทั้งด้านสรีรวิทยา ด้านการนำกลับมาใช้ซ้ำ และด้านการยอมรับของผู้ใช้งาน โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นบนสรีระมนุษย์ (In-vivo skin test)

ทดสอบโดยนำอุปกรณ์ประคบเย็นที่ผ่านการกระตุ้นปฏิกิริยาแล้วที่อุณหภูมิห้อง ประคบบริเวณผิวหนังต้นแขนของอาสาสมัครเป็นระยะเวลา 1,500 วินาที (25 นาที) บันทึกอุณหภูมิผิวหนังด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดทุก 30 วินาที เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิผิวหนังระหว่างหน้าสัมผัสด้านพลาสติกและหน้าสัมผัสด้านผ้านอนวูฟเวน วิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวหนังระหว่างสองหน้าสัมผัสด้วยสถิติทดสอบที (Independent samples t-test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซ้ำ

นำอุปกรณ์ประคบเย็นที่ผ่านการใช้งานในครั้งแรกแล้ว ซึ่งของเหลวภายในเปลี่ยนสถานะเป็นไฮโดรเจล นำไปแช่แข็งในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิมาตรฐานเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้อง 27 องศาเซลเซียส บันทึกค่าอุณหภูมิทุก 30 วินาที ตลอดระยะเวลา 1,800 วินาที (30 นาที) เพื่อประเมินสมรรถนะการกักเก็บและคายความเย็นของไฮโดรเจลเมื่อนำกลับมาใช้ซ้ำเปรียบเทียบกับเกณฑ์อุณหภูมิที่เหมาะสมทางคลินิก

2.3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

กลุ่มตัวอย่างในการประเมินครั้งนี้คือนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่ จำนวน 15 คน คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental sampling) ดำเนินการสาธิตการใช้งานอุปกรณ์แบบกลุ่ม จากนั้นเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-point Likert scale) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และแปลผลระดับความพึงพอใจตามเกณฑ์ที่กำหนดโดย ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

ระยะที่ 1 การสร้างต้นแบบนวัตกรรม

การออกแบบบรรจุภัณฑ์

ผู้วิจัยเลือกใช้ถุงซีลสูญญากาศชนิดโพลีเอไมด์ผสมโพลีเอทิลีน เป็นบรรจุภัณฑ์ภายนอก เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีความยืดหยุ่นสูง ทนทานต่อแรงกระแทก ปราศจากสารบิสฟีนอลเอ (BPA free) และมีช่วงอุณหภูมิการใช้งานระหว่าง -17 ถึง 80 องศาเซลเซียส ซึ่งเพียงพอต่อการรองรับแรงบีบจากภายนอกและการขยายตัวของโครงสร้างเจลในสภาวะเยือกแข็ง สำหรับบรรจุภัณฑ์ภายในที่ทำหน้าที่กักเก็บน้ำแยกออกจากผงสารเคมี ถุงพลาสติกมีความเหนียวพอประมาณ เมื่อซีลปิดปากถุงแล้ว สามารถใช้แรงบีบให้ถุงน้ำแตกได้

ในการพัฒนาโครงสร้างถุงน้ำภายใน ผู้วิจัยพบว่าการซีลปิดปากถุงแบบแบนราบ (Flat sealing) ทำให้แรงดันกระจายตัวทั่วผิวถุง ส่งผลให้อัตราการแตกของถุงมีความไม่สม่ำเสมอเมื่อผู้ใช้บีบกระตุ้นจากภายนอก ผู้วิจัยจึงปรับกระบวนการซีลโดยบิดมุมปากถุงให้ตั้งฉากกับแนวซีลก้นถุงก่อนทำการซีลด้วยความร้อน ส่งผลให้โครงสร้างถุงเปลี่ยนจากแบบแบนราบเป็นทรงพีระมิด โครงสร้างสามมิตินี้ทำให้แรงดันกระจุกตัวบริเวณแนวรอยซีลโดยตรงเมื่อถูกบีบ ทำให้ถุงน้ำภายในแตกได้อย่างสม่ำเสมอและแม่นยำ น้ำจึงไหลออกมาผสมกับผงสารเคมีเพื่อกระตุ้นปฏิกิริยาดูดความร้อนได้ทันที

สำหรับพื้นผิวสัมผัสของบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยบุผ้านอนวูฟเวนที่หน้าสัมผัสด้านหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อนลดอัตราการถ่ายเทความเย็นสู่ผิวหนัง และดูดซับหยดน้ำที่เกาะบนพื้นผิว ในขณะที่หน้าสัมผัสอีกด้านเป็นพลาสติกซึ่งมีการนำความร้อนสูงกว่า เหมาะสำหรับการประคบผ่านเสื้อผ้า ต้นแบบนวัตกรรมแสดงดังรูปที่ 1



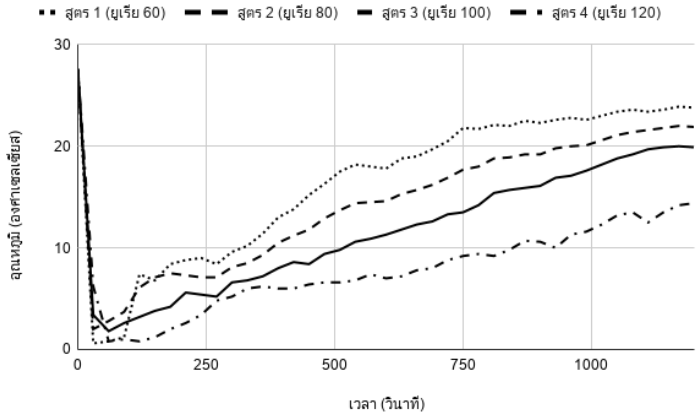
รูปที่ 1 ต้นแบบนวัตกรรมแสดง (ก) ด้านพลาสติก (ข) ด้านผ้านอนวูฟเว่น (ค) นวัตกรรมที่ผ่านการบีบกระตุ้นให้เย็นแล้ว

ผลการทดลองสัดส่วนสารทำความเย็น

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของต้นแบบดำเนินการที่อุณหภูมิเริ่มต้น 27.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1,200 วินาที (20 นาที) ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 2 พบว่าทุกสูตรแสดงการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วภายใน 30 ถึง 60 วินาทีแรกภายหลังการกระตุ้นปฏิกิริยา

สูตรที่ 1 (ยูเรีย 60 กรัม) ลดอุณหภูมิได้รวดเร็วที่สุดในระยะเริ่มต้น โดยแตะจุดต่ำสุดที่ 0.6 องศาเซลเซียส ที่วินาทีที่ 30 อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเกินเกณฑ์บำบัดทางคลินิกที่ 15 องศาเซลเซียสหลังวินาทีที่ 450 และสิ้นสุดการทดลองที่ 23.9 องศาเซลเซียส สูตรที่ 2 (ยูเรีย 80 กรัม) ลดอุณหภูมิสู่ 2.0 องศาเซลเซียสที่วินาทีที่ 30 และคงอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียสได้นาน 600 วินาที ก่อนสิ้นสุดการทดลองที่ 22.0 องศาเซลเซียส สูตรที่ 3 (ยูเรีย 100 กรัม) ลดอุณหภูมิสู่ 1.5 องศาเซลเซียสที่วินาทีที่ 60 และคงอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียสได้นาน 800 วินาที โดยอุณหภูมิไม่เกิน 20.0 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาการทดลอง สูตรที่ 4 (ยูเรีย 120 กรัม) แสดงอัตราการลดอุณหภูมิในระยะเริ่มต้นต่ำกว่าสูตรอื่น โดยลดลงสู่ 6.2 องศาเซลเซียสที่วินาทีที่ 30 แต่คงอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสได้นาน 800 วินาที และสิ้นสุดการทดลองที่ 14.2 องศาเซลเซียส

จากลักษณะของเส้นกราฟในรูปที่ 2 ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณของสารตั้งต้นยูเรียสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการลดลงของอุณหภูมิและความสามารถในการคงความเย็น แม้สูตรที่ 4 จะทำความเย็นได้ลึกและยาวนานที่สุดในเชิงอุณหพลศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพภายหลังสิ้นสุดปฏิกิริยาของสูตรที่ 4 พบตะกอนของสารเคมีตกค้างอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากปริมาณของแข็งเกินขีดจำกัดการละลายของน้ำที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งรบกวนกลไกการสร้างโครงข่ายพอลิเมอร์ของสาร CMC ทำให้เนื้อเจลขาดความสม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ 3 เป็นสูตรมาตรฐานสำหรับการพัฒนาต่อ เนื่องจากสารเคมีละลายได้หมดโดยไม่มีตะกอนตกค้าง และมีระยะเวลาการทำความเย็นที่ครอบคลุมเกณฑ์อุณหภูมิบำบัดทางคลินิก



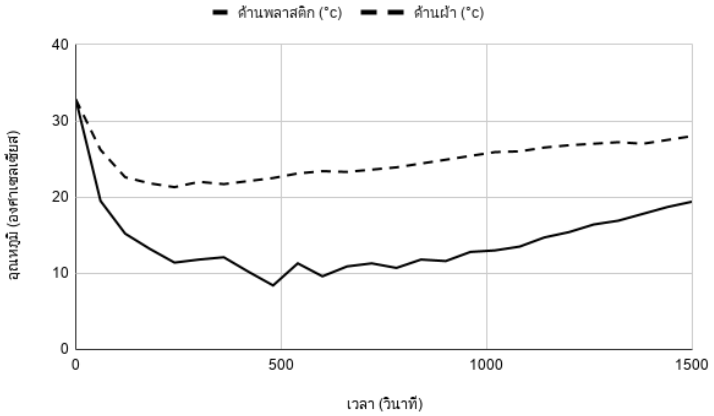
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของต้นแบบนวัตกรรมตามสัดส่วนสารตั้งต้น (ยูเรีย)

ระยะที่ 2 การทดสอบและประเมินผล

การทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นบนสรีระมนุษย์

การทดสอบดำเนินการโดยวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวหนังบริเวณต้นแขนของผู้วิจัย (น้ำหนัก 100 กิโลกรัม ส่วนสูง 167 เซนติเมตร) ที่อุณหภูมิผิวหนังเริ่มต้น 32.8 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 3 พบว่าหน้าสัมผัสด้านพลาสติกสามารถลดอุณหภูมิผิวหนังได้สูงสุด 24.4 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิลดลงจาก 32.8 องศาเซลเซียสเหลือ 8.4 องศาเซลเซียสที่วินาทีที่ 480 ในขณะที่หน้าสัมผัสด้านผ้านอนวูฟเวนลดอุณหภูมิผิวหนังได้สูงสุด 11.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิลดลงจาก 32.8 องศาเซลเซียสเหลือ 21.3 องศาเซลเซียสที่วินาทีที่ 240

การวิเคราะห์อัตราการลดอุณหภูมิในระยะเริ่มต้น ในช่วง 60 วินาทีแรกพบว่าหน้าสัมผัสด้านพลาสติกมีอัตราการลดอุณหภูมิผิวหนังที่ 0.22 องศาเซลเซียสต่อวินาที ในขณะที่หน้าสัมผัสด้านผ้านอนวูฟเวนมีอัตราการลดอุณหภูมิที่ 0.11 องศาเซลเซียสต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าด้านพลาสติกประมาณร้อยละ 50 อันเป็นผลจากคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของเนื้อผ้า การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย paired t-test พบว่าอุณหภูมิผิวหนังระหว่างหน้าสัมผัสทั้งสองด้านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -18.38$, $p < 0.001$) โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของหน้าสัมผัสด้านพลาสติก (ค่าเฉลี่ย 14.25 องศาเซลเซียส) ต่ำกว่าหน้าสัมผัสด้านผ้านอนวูฟเวน (ค่าเฉลี่ย 24.88 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญตลอดช่วงเวลาที่ทดสอบ

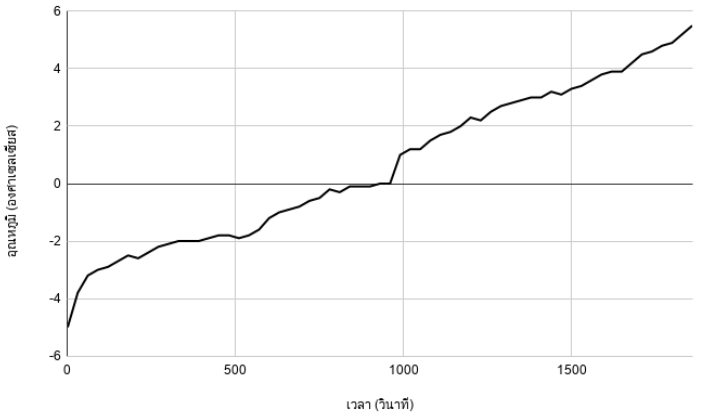


รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวหนังระหว่างประคบด้วยนวัตกรรมอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันเปรียบเทียบหน้าสัมผัสสองรูปแบบ

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานซ้ำ

การทดสอบดำเนินการโดยนำอุปกรณ์ที่ผ่านการใช้งานในครั้งแรกแล้วไปแช่แข็งเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้อง 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1,800 วินาที (30 นาที) วิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบกราฟอุณหภูมิเทียบกับเวลา แสดงในรูปที่ 4

ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของอุปกรณ์ภายหลังการแช่แข็งอยู่ที่ -5 องศาเซลเซียส อุปกรณ์สามารถรักษาอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสได้นานประมาณ 900 วินาที (15 นาที) และคงอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียสได้ตลอดระยะเวลา 1,800 วินาที (30 นาที) ระยะเวลาการกักเก็บความเย็นดังกล่าวครอบคลุมช่วงเวลาที่แนวทางทางคลินิกแนะนำสำหรับการประคบเย็นซึ่งอยู่ที่ 15 ถึง 20 นาทีต่อครั้ง



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอุปกรณ์ประคบเย็นในการใช้งานซ้ำ (หลังผ่านการแช่แข็ง 2 ชั่วโมง)

การประเมินความพึงพอใจ

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน เป็นนักศึกษา 10 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 อาจารย์/บุคลากร จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 ผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้ (n=15)

รายการประเมิน	Mean	SD	แปลผล
1. ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.4	0.5	มาก
1.1 ความยาก-ง่ายในการบีบกระตุ้นเพื่อให้สารเคมีทำงาน	4.3	0.6	มาก
1.2 ความรวดเร็วในการเกิดความเย็นหลังจากบีบกระตุ้น	4.8	0.4	มากที่สุด
1.3 ความสะดวกในการพกพาสำหรับการเดินทางหรือกิจกรรมกลางแจ้ง	4.1	0.6	มาก
2. ด้านประสิทธิภาพความเย็น	3.9	0.7	มาก
2.1 ระดับอุณหภูมิความเย็นที่ได้รับมีความเหมาะสมกับการประคบ	4.1	0.8	มาก
2.2 ระยะเวลาในการคงความเย็น (ประมาณ 15-20 นาที)	3.6	0.5	มาก
3. ด้านวัสดุและการออกแบบ	4.2	0.6	มาก
3.1 ความสบายของผิวสัมผัสจากผ้าเมื่อสัมผัสผิวหนัง	4.1	0.5	มาก
3.2 ประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำแข็งกัดผิว	4.5	0.5	มากที่สุด
3.3 ความคงทนของบรรจุภัณฑ์หลังจากนำไปแช่แข็งเพื่อใช้ซ้ำ	4.1	0.7	มาก
ภาพรวม	4.2	0.6	มาก

จากการสอบถามความคิดเห็น พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.3) เมื่อวิเคราะห์ผลการประเมินในรายข้อ พบว่า ข้อที่มีคะแนนในระดับ มากที่สุด 2 ประเด็น

ประเด็นแรก ความรวดเร็วในการเกิดความเย็นหลังจากบีบกระตุ้น (ค่าเฉลี่ย 4.8) ประการที่สอง ประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำแข็งกัดผิว (ค่าเฉลี่ย 4.5) ผลการวิเคราะห์รายด้าน พบว่า ด้านความสะดวกในการใช้งาน อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.4) โดยกลุ่มตัวอย่างเห็นว่าตัวถุงสามารถบีบกระตุ้นให้สารเคมีทำงานได้ง่าย และมีขนาดที่สะดวกต่อการพกพาสำหรับการเดินทางหรือกิจกรรมกลางแจ้ง ด้านวัสดุและการออกแบบอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.3) โดยบรรจุภัณฑ์มีความคงทนเพียงพอหลังจากการนำไปแช่แข็งเพื่อใช้ซ้ำ รวมถึงฉลากสัญลักษณ์มีความสวยงามและสื่อสารวิธีการใช้งานได้อย่างชัดเจน และด้านประสิทธิภาพความเย็น อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.9) ซึ่งนวัตกรรมนี้สามารถสร้างระดับความเย็นที่เหมาะสมและช่วยลดอาการปวดบวมในเบื้องต้นได้ โดยมีระยะเวลาในการคงความเย็นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้สำหรับการประคบ 1 รอบ (15-20 นาที)

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ประคบเย็นฉับพลันชนิดนำกลับมาใช้ซ้ำได้รูปแบบสองหน้าสัมผัส แสดงผลการศึกษาเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้สำหรับการปฐมพยาบาลเบื้องต้น โดยนวัตกรรมสามารถทำความเย็นได้อย่างรวดเร็ว และคงอุณหภูมิได้ตามเกณฑ์การบำบัดด้วยความเย็น โครงสร้างบรรจุภัณฑ์ภายในเอื้อต่อการกระตุ้นปฏิกิริยาที่สม่ำเสมอ และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความรวดเร็วในการทำความเย็นและการป้องกันภาวะน้ำแข็งกัด

จากผลการทดลอง สูตรที่ 3 ซึ่งใช้ยูเรียในปริมาณ 100 กรัม แสดงสมรรถนะการทำความเย็นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ประคบเย็น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับกลไกที่ Phan et al. (2013) อธิบายไว้ว่ากระบวนการละลายของยูเรียและแอมโมเนียมคลอไรด์ในน้ำเป็นกระบวนการดูดความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของระบบลดลงอย่างรวดเร็ว แม้สูตรที่ 4 ซึ่งใช้ยูเรียในปริมาณที่สูงกว่าจะสามารถลดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า แต่กลับมีความเข้มข้นอิ่มตัวเกินขีดจำกัดการละลาย ณ อุณหภูมิต่ำ จนมีสารเคมีบางส่วนไม่ละลายและตกผลึกออกมา ซึ่งส่งผลรบกวนกระบวนการก่อตัวเป็นเจล ทำให้เนื้อเจลที่ได้มีความไม่สม่ำเสมอและไม่เหมาะสมสำหรับการนำกลับมาใช้ซ้ำ ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่าการควบคุมปริมาณสารตั้งต้นให้อยู่ภายในขีดจำกัดการละลายเป็นปัจจัยวิกฤตในการรักษาคุณลักษณะทางกายภาพของไฮโดรเจล

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นกับงานวิจัยอื่น พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำได้สูงกว่าค่าที่ Myers (2017) รายงานไว้ที่ -4.5 องศาเซลเซียส ความแตกต่างดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างในการออกแบบการทดลอง กล่าวคือ Myers ดำเนินการทดลองในภาชนะโฟมที่มีฉนวนกันความร้อนสูง ในขณะที่การศึกษานี้ทดลองในบรรจุภัณฑ์จริงซึ่งมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมภายนอกได้มากกว่า ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้สะท้อนสมรรถนะการทำความเย็นภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริงมากกว่าสภาวะอุดมคติในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิผิวหนังพบว่าหน้าสัมผัสด้านผ้านอนวูฟเวนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่าด้านพลาสติก โดยสามารถคงอุณหภูมิผิวหนังไว้ที่ 21.3 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าระดับวิกฤต 4.4 องศาเซลเซียสที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะเนื้อเยื่อบาดเจ็บจากความเย็นจัด (Kujawska et al., 2009) แม้อุณหภูมิดังกล่าวจะยังไม่อยู่ในช่วงเป้าหมายทางคลินิกที่ 10 ถึง 15 องศาเซลเซียส (Belsey et al., 2024; Jdidi et al., 2024) หน้าสัมผัสด้านนี้จึงเหมาะสำหรับการประคบบนผิวหนังโดยตรงในผู้ใช้ที่มีผิวหนังไวต่อความเย็น ในขณะที่หน้าสัมผัสด้านพลาสติกให้อุณหภูมิที่ 8.4 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถกระตุ้นการหดตัวของหลอดเลือดผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิผล (Charkoudian, 2010) และเหมาะสำหรับการประคบผ่านเสื้อผ้า การออกแบบสองหน้าสัมผัสที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนต่างกันนี้จึงเป็นกลไกในการปรับสมดุลระหว่างประสิทธิภาพการทำความเย็นและความปลอดภัยต่อเนื้อเยื่อผิวหนัง

ในด้านสมรรถนะการนำกลับมาใช้ซ้ำ อุปกรณ์สามารถรักษาความเย็นอย่างต่อเนื่องภายหลังการแช่แข็ง ซึ่งเป็นผลจากคุณสมบัติของสารก่อเจลในการกดจุดเยือกแข็งและป้องกันการตกผลึกของน้ำแข็ง ผลการศึกษานี้ขยายองค์ความรู้จากงานพัฒนาอุปกรณ์ปฐมพยาบาลที่ผ่านมา (วชิระ แซ่พู, 2552; มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2563) โดยแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการบูรณาการคุณสมบัติการทำความเย็นฉับพลันและการนำกลับมาใช้ซ้ำไว้ในอุปกรณ์ชิ้นเดียว

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดด้านขนาดกลุ่มตัวอย่างและบริบทการทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้จึงสะท้อนศักยภาพของต้นแบบในเชิงเบื้องต้นเท่านั้น การวิจัยในระยะต่อไปควรขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างและเพิ่มความหลากหลายทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการทดสอบทางคลินิก เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิผิวหนังในเชิงสถิติ รวมถึงควรศึกษาความคงทนของโครงสร้างและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ภายหลังการผ่านการแช่แข็งและละลายซ้ำในจำนวนรอบที่มากขึ้น เพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงในบริบทของการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนในการเผยแพร่งานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (2563). ถุงเจลเย็นประคบแผลฝีเย็บ (อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 16899). กรมทรัพย์สินทางปัญญา.

วชิระ แซ่พู. (2552). ส่วนผสมแผ่นประคบร้อนประคบเย็น (อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 5084). กรมทรัพย์สินทางปัญญา.

Belsey, J., Gregory, R., Paine, E., & Faulkner, J. (2024). Skin temperature of the knee was effectively reduced when using a new continuous cold-flow cryocompression device: A randomised controlled crossover trial. Physiotherapy, 123, 11-18. https://doi.org/10.1016/j.physio.2023.12.001

Block, J. E. (2010). Cold and compression in the management of musculoskeletal injuries and orthopedic operative procedures: a narrative review. Open Access Journal of Sports Medicine, 1, 105–113. https://doi.org/10.2147/oajsm.s11102

Charkoudian, N. (2010). Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. Journal of Applied Physiology, 109(4), 1221-1228. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00298.2010

Duan, Q., Cao, H., Li, X., & Sun, J. (2023). Effects of urea on the thermal decomposition behavior of ammonium nitrate: A reliable thermal safety performance enhancer. Process Safety and Environmental Protection. https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.01.032

Intco Medical. (2026). The science of recovery: Mastering injury management with disposable instant cold packs. https://www.intcomedical.com/news/info/The-Science-of-Recovery-Mastering-Injury-Management-with-Disposable-Instant-Cold-Packs.html

Jdidi, H., de Bisschop, C., Dugué, B., Bouzigon, R., & Douzi, W. (2024). Optimal duration of whole-body cryostimulation exposure to achieve target skin temperature: Influence of body mass index-a randomized cross-over controlled trial. Journal of Physiological Anthropology, 43(1), Article 28. https://doi.org/10.1186/s40101-024-00375-2

Kujawska, A., Kwaselow, A., & Pansare, M. (2009). Unusual complication with use of an instant cold pack. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 103(4), 356.

Myers, F. C. (2017). Ammonium nitrate vs. urea: Concentration effects in instant cold packs. The Ohio Journal of Science, 117(1), A12-A13.

Phan, S., Lissoway, J., & Lipman, G. (2013). Chemical cold packs may provide insufficient enthalpy change for treatment of hyperthermia. Wilderness & Environmental Medicine, 24, 37-41. https://doi.org/10.1016/j.wem.2012.10.004



การประเมินเบื้องต้นคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ด้วยดัชนี NDVI และ EVI

ใบชา วงศ์ตุ้ย[1*]

[1]มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่ 202 ถ.ช้างเผือก ต.ช้างเผือก
อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[*]baicha_won@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเบื้องต้นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเต็งรังในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม โดยบูรณาการข้อมูลแปลงตัวอย่างภาคสนาม ร่วมกับดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ(NDVI) และดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว(EVI) คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรีสำหรับป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่า NDVI และ EVI เฉลี่ยของแต่ละแปลง ผลการศึกษาพบว่า แปลงตัวอย่างทั้ง 3 แปลง มีคาร์บอนเหนือพื้นดินอยู่ระหว่าง 4.00–4.78 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยแปลงที่ 1 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 4.78 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมาคือแปลงที่ 3 เท่ากับ 4.68 ตันคาร์บอนต่อไร่ และแปลงที่ 2 เท่ากับ 4.00 ตันคาร์บอนต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นพบว่า ค่า EVI มีความสามารถในการอธิบายความแตกต่างของคาร์บอนเหนือพื้นดินระหว่างแปลงตัวอย่างได้สูงกว่า NDVI โดย EVI อธิบายความแปรปรวนของคาร์บอนได้ประมาณร้อยละ 36.96 (R^2 = 0.37) ในขณะที่ NDVI อธิบายได้ประมาณร้อยละ 6.10 (R^2 = 0.06) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำนวนแปลงตัวอย่างเพียง 3 แปลง ผลการศึกษาจึงตีความในฐานะการประเมินเบื้องต้น และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาการติดตามคาร์บอนของพื้นที่ป่าในมหาวิทยาลัยต่อไป

คำสำคัญ คาร์บอนเหนือพื้นดิน, ป่าเต็งรัง, ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ(NDVI), ดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว (EVI), มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Preliminary Assessment of Aboveground Carbon Stock in a Deciduous Dipterocarp Forest at Chiang Mai Rajabhat University Using NDVI and EVI

Abstract

This study aimed to conduct a preliminary assessment of aboveground carbon stock in the deciduous dipterocarp forest at Chiang Mai Rajabhat University, Mae Rim Campus. Field plot data were integrated with vegetation indices derived from Sentinel-2 satellite imagery, specifically the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI). Aboveground biomass was calculated using allometric equations specific to deciduous dipterocarp and mixed deciduous forests, and its relationships with the mean NDVI and EVI values of each plot were analyzed. The results revealed that aboveground carbon stock across the three sample plots ranged from 4.00 to 4.78 tons of carbon per rai. Plot 1 exhibited the highest value at 4.78 t C/rai, followed by Plot 3 at 4.68 t C/rai and Plot 2 at 4.00 t C/rai. Preliminary regression analysis indicated that EVI outperformed NDVI in explaining the variation in aboveground carbon stock among the sample plots. EVI accounted for approximately 36.96% of the variance in carbon stock (R^2 = 0.37), whereas NDVI explained only 6.10% (R^2 = 0.06). However, due to the limited sample size of only three plots, these findings should be interpreted with caution as a preliminary assessment. Nevertheless, this study provides foundational baseline data for the future development of forest carbon monitoring systems within the university area

Keywords: Aboveground carbon stock, Deciduous dipterocarp forest, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Chiang Mai Rajabhat University

1. บทนำ

ป่าไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญของระบบนิเวศโลก โดยเฉพาะคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ ซึ่งประกอบด้วยลำต้น กิ่ง และใบ การประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินจึงมีความสำคัญต่อการจัดการทรัพยากรป่าไม้ การติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ และการสนับสนุนแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับพื้นที่ ป่าเต็งรังเป็นระบบนิเวศป่าผลัดใบที่พบได้ทั่วไปในภาคเหนือของประเทศไทย มีลักษณะเด่นคือเป็นป่าที่ปรับตัวอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง ดินตื้น หรือมีข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน พรรณไม้เด่นมักประกอบด้วยไม้ในวงศ์ยาง เช่น เต็ง รัง เหียง และพลวง แม้ว่าป่าเต็งรังจะมีมวลชีวภาพโดยรวมต่ำกว่าป่าดิบชื้นหรือป่าเบญจพรรณบางประเภท แต่ยังมีบทบาทสำคัญต่อการกักเก็บคาร์บอน การรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ และการเป็นพื้นที่สีเขียวในระดับท้องถิ่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม เป็นพื้นที่ที่มีป่าไม้ปกคลุมเป็นสัดส่วนสูง จากการแปลข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ปี พ.ศ.2566 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีประมาณ 4,624.59 ไร่ หรือร้อยละ 82.00 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้ดังกล่าวจึงมีศักยภาพในการเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนและเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และภูมิสารสนเทศ ปัจจุบันเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในการติดตามความสมบูรณ์ของพืชพรรณและประเมินทรัพยากรป่าไม้ โดยดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้ ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ(NDVI) ซึ่งสะท้อนความเขียวและความหนาแน่นของพืชพรรณ และดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว(EVI) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดอิทธิพลจากพื้นดินและชั้นบรรยากาศ รวมทั้งตอบสนองต่อพื้นที่ที่มีพืชพรรณค่อนข้างหนาแน่นได้ดีกว่า NDVI ในบางกรณี ดังนั้น การเปรียบเทียบศักยภาพของ NDVI และ EVI ในการอธิบายปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินจึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาวิธีการประเมินคาร์บอนในพื้นที่ป่าเต็งรัง

การศึกษานี้จึงมุ่งประเมินเบื้องต้นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม โดยใช้ข้อมูลแปลงตัวอย่างภาคสนามร่วมกับค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ(NDVI) และดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว(EVI) จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ปี พ.ศ. 2566 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นและเปรียบเทียบศักยภาพของดัชนีพืชพรรณทั้งสองชนิดในการสนับสนุนการประเมินคาร์บอนเหนือพื้นดิน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ ((The Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

ค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (The Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) โดยค่าดัชนีพืชพรรณ(Vegetation Index: VI) คือ การศึกษาค่าการสะท้อนแสงของพืชพรรณ โดยการสร้างดัชนีบ่งชี้ความหนาแน่นหรือความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษา โดยปกติ ค่านี้จะนิยามจากอัตราส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยในช่วงสีแดง และช่วงอินฟราเรดใกล้ของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพวกพืชพรรณมีค่าการสะท้อนแสงในช่วง NIR ได้ดีกว่าช่วงสีแดงมาก ที่นิยมใช้กันมากจะมีการปรับปรุงจากนิยามปกติเล็กน้อยเรียกว่าเป็น ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบปกติ (The Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณน้ำในพืชซึ่งใช้การคำนวณผลต่างระหว่างช่วงคลื่นแสงสว่างกว่าสีแดง และช่วงอินฟราเรดใกล้ โดยทฤษฎีนี้ถูกเสนอขึ้นโดย Kriegler et al. (1969)

ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยปกติมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 กล่าวคือ ค่า 0 หมายถึงไม่มีพืชพรรณใบเขียวอยู่ในพื้นที่สำรวจ ในขณะที่ค่า 0.8 หรือ 0.9 หมายถึง มีพืชพรรณใบเขียวหนาแน่นมากในพื้นที่ดังกล่าว

- ดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว (Enhanced Vegetation Index: EVI)

ดัชนีพืชพรรณปรับปรุง (Enhanced Vegetation Index: EVI) เป็นดัชนีที่พัฒนาขึ้นโดย Huete et al. (2002) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์พื้นที่พืชพรรณและแก้ข้อจำกัดของดัชนี NDVI (Xiao et al., 2019)

โดยมีหลักการสำคัญ 3 ประการ คือ 1) ลดปัญหาการอิ่มตัวของค่าสัญญาณ (Saturation Effect) ในพื้นที่ป่าธรรมชาติที่มีเรือนยอดหนาแน่นทึบ ค่า NDVI มักจะเกิดการอิ่มตัวและไม่แปรผันตามปริมาณพืชจริง (Matsushita et al., 2007) แต่ EVI มีความไวเชิงโครงสร้างสูงกว่า จึงสามารถแยกแยะความหนาแน่นของป่าทึบได้ดี (Huete et al., 2002) 2) ลดสัญญาณรบกวนจากพื้นหลังดิน (Soil Background) มีการเพิ่มค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์เพื่อหักลบและลดทอนแสงสะท้อนจากประเภทดินและความชื้น (Huete et al., 2002) ทำให้ค่าดัชนีสะท้อนสุขภาพของพืชพรรณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (Xiao et al., 2019) และ 3) ลดทอนผลกระทบจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Resistance) บูรณาการการใช้ ช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน (Blue Band) เข้ามาช่วยคำนวณ เพื่อทำหน้าที่กรองและหักล้างสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหมอก ฝุ่น หรือควันในอากาศ

- การประเมินการกักเก็บคาร์บอนภาคป่าไม้

การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพืชพรรณในระบบนิเวศป่าไม้ นิยมใช้แนวทางการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพ (Biomass Estimation) ควบคู่กับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศตามเกณฑ์มาตรฐานสากลและระดับประเทศ โดยมีขั้นตอนและหลักการสำคัญดังนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2561; องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2566)

1) การสำรวจภาคสนามและการใช้สมการแอลโลเมตรี (Allometric Equations): ดำเนินการวางแปลงตัวอย่างสำรวจเพื่อจดบันทึกชนิด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH ที่ความสูง 1.30 เมตร) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2566) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass: AGB) โดยเลือกใช้สมการแอลโลเมตรีสถิติที่จำเพาะและเหมาะสมกับประเภทป่าธรรมชาติในพื้นที่ศึกษา เช่น สมการสำหรับป่าเต็งรังหรือป่าเบญจพรรณ (Ogawa et al., 1965)

2) การแปลงมวลชีวภาพเป็นปริมาณกักเก็บคาร์บอน: เมื่อได้น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพจากสมการแอลโลเมตรีแล้ว ตามหลักทฤษฎีทางนิเวศวิทยาและการป่าไม้จะทำการแปลงค่าเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยใช้ค่าสัดส่วนคาร์บอนมาตรฐานสากลซึ่งเท่ากับ ร้อยละ 47 (หรือ 0.47) ของน้ำหนักแห้งชีวมวล (IPCC, 2023; องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2566)

3) การประบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีรีโมทเซนซิ่ง (Remote Sensing Integration): เพื่อขยายผลการประเมินจากระดับแปลงสำรวจขนาดเล็กไปสู่ระดับพื้นที่ขนาดใหญ่ จะมีการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (เช่น Sentinel-2 หรือ Landsat) มาคำนวณหาดัชนีพืชพรรณ เช่น NDVI หรือ EVI เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นและสุขภาพของป่าไม้ (พัชรี เกสรบัว และคณะ, 2565; Huete et al., 2002) จากนั้นจะนำค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณในแต่ละแปลงมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ (Regression Analysis) ร่วมกับข้อมูลปริมาณคาร์บอนที่ได้จากภาคสนาม เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประมาณค่าและจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมในระบบนิเวศป่าไม้ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ (ศุภกานต์ ธิเตจ๊ะ และคณะ, 2563; Xiao et al., 2019)

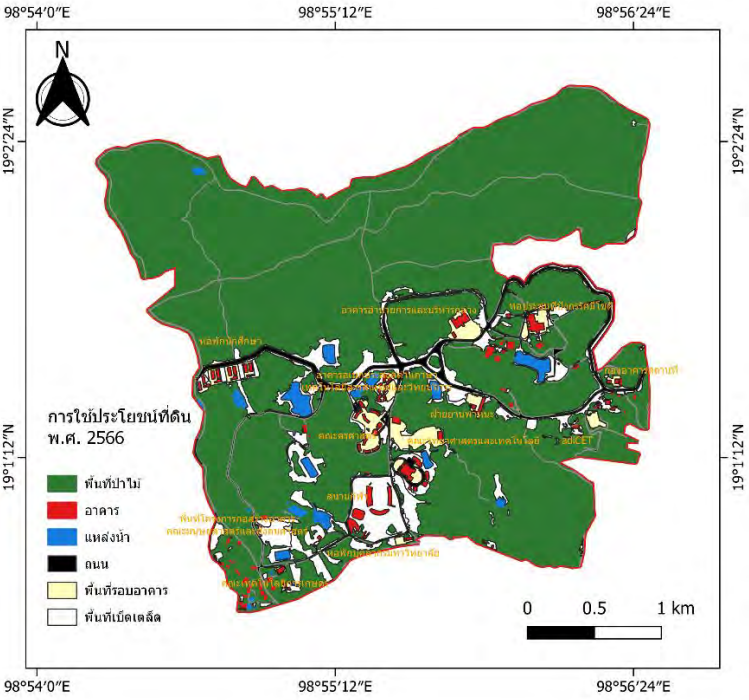
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่รวมประมาณ 9.02 ตารางกิโลเมตร หรือ 5,639.42 ไร่ จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าพื้นที่ป่าไม้มีประมาณ 4,624.59 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 82.00 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าในมหาวิทยาลัยมีลักษณะเป็นป่าเต็งรัง โดยพบพรรณไม้เด่น ได้แก่ เต็งและรัง



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งแปลงตัวอย่าง



รูปที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2566

3.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาคสนามดำเนินการในปี พ.ศ. 2566 โดยกำหนดแปลงตัวอย่างจำนวน 3 แปลง ขนาดแปลงละ 40 × 40 เมตร หรือ 1 ไร่ต่อแปลง กระจายในพื้นที่ป่าไม้ของมหาวิทยาลัย ได้แก่ โซน E, โซน B และโซน C ในแต่ละแปลงเก็บข้อมูลต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และมีเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร ข้อมูลที่เก็บประกอบด้วยชนิดพรรณไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเพียงอก และความสูงของต้นไม้

3.3 การคำนวณมวลชีวภาพและคาร์บอนเหนือพื้นดิน

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินคำนวณจากสมการแอลโลเมตรีสำหรับป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ โดยคำนวณมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่ง และใบ จากนั้นรวมเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของแต่ละแปลง ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินถูกแปลงเป็นคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยใช้ค่าสัดส่วนคาร์บอนร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง ดังสมการ

Aboveground Carbon = Aboveground Biomass × 0.47 (1)

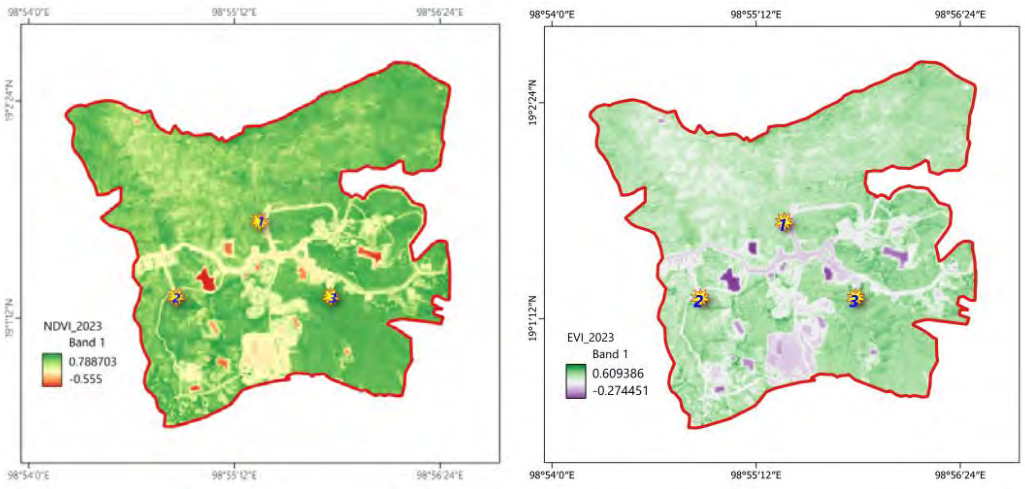
3.4 การคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ(NDVI) และดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว(EVI)

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ปี พ.ศ. 2566 โดยคัดเลือกภาพที่มีเมฆปกคลุมน้อย และคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI และ EVI จากช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีแดง และอินฟราเรดใกล้ ดังสมการ

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{RED}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{RED}} \quad (2)$$

$$\mathrm{EVI} = 2.5\ x\ \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{RED}}{\mathrm{NIR}+6\ \mathrm{x}\ \mathrm{RED}-7.5\ \mathrm{x}\ \mathrm{Blue}+1} \quad (3)$$

จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ย NDVI และ EVI ภายในขอบเขตแปลงตัวอย่างขนาด 40 × 40 เมตรทั้ง 3 แปลง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่าคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาคสนาม



รูปที่ 3 การกระจายเชิงพื้นที่ของค่าดัชนี NDVI และดัชนี EVI บริเวณแปลงตัวอย่างป่าเต็งรัง พ.ศ. 2566

3.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับคาร์บอนเหนือพื้นดินใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยกำหนดให้ค่าคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นตัวแปรตาม และค่า NDVI หรือ EVI เป็นตัวแปรอิสระ ตามรูปแบบสมการ

$$Carbon = a(VI) + b \quad (4)$$

โดยที่ Carbon คือคาร์บอนเหนือพื้นดิน หน่วยตันคาร์บอนต่อไร่, VI คือค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ NDVI หรือ EVI, a คือค่าสัมประสิทธิ์ความชัน และ b คือค่าคงที่ จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยค่า ความสัมพันธ์ (R^2) และ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE)

4. ผลการวิจัย

4.1 การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากแปลงตัวอย่าง

จากการสำรวจภาคสนาม พบต้นไม้ทั้งหมด 764 ต้น ประกอบด้วยพรรณไม้ 8 ชนิด โดยพรรณไม้เด่น คือ เต็ง จำนวน 448 ต้น และรัง จำนวน 247 ต้น ผลการคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาคสนาม พบว่าแปลงตัวอย่างทั้ง 3 แปลงมีคาร์บอนเหนือพื้นดินอยู่ระหว่าง 4.00–4.78 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยแปลงที่ 1 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 4.78 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมาคือแปลงที่ 3 เท่ากับ 4.68 ตันคาร์บอนต่อไร่ และแปลงที่ 2 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 4.00 ตันคาร์บอนต่อไร่

ตารางที่ 1 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและคาร์บอนเหนือพื้นดินของแปลงตัวอย่าง

แปลง	จำนวนต้น	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg/ไร่)	คาร์บอนเหนือพื้นดิน (tC/ไร่)
Plot 1	283	10,167.14	4.7786
Plot 2	243	8,505.31	3.9975
Plot 3	236	9,961.40	4.6819

4.2 ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ(NDVI) และดัชนีพืชพรรณที่ปรับปรุงแล้ว(EVI)ของแปลงตัวอย่าง ผลการคำนวณค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณจากข้อมูล Sentinel-2 พบว่า ค่าดัชนี NDVI ของแปลงตัวอย่างอยู่ระหว่าง 0.57–0.62 และค่าดัชนี EVI อยู่ระหว่าง 0.35–0.39 โดยแปลงที่ 3 มีค่าทั้ง NDVI และ EVI สูงที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าดัชนี NDVI, EVI และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแปลงตัวอย่าง

แปลง	Carbon (tC/ไร่)	NDVI	EVI
Plot 1	4.7786	0.5673	0.3575
Plot 2	3.9975	0.5758	0.3475
Plot 3	4.6819	0.6168	0.3873

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI, EVI และคาร์บอนเหนือพื้นดิน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพบว่า แบบจำลองที่ใช้ NDVI มีสมการ Carbon = 3.9797(NDVI) + 2.1514 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.0610 และ RMSE เท่ากับ 0.3369 ตันคาร์บอนต่อไร่ ขณะที่แบบจำลองที่ใช้ EVI มีสมการ Carbon = 12.5047(EVI) - 0.0670 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.3696 และ RMSE เท่ากับ 0.2760 ตันคาร์บอนต่อไร่

ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า EVI มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนเหนือพื้นดินสูงกว่า NDVI ในชุดข้อมูลแปลงตัวอย่างนี้ โดย EVI สามารถอธิบายความแปรปรวนของคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ประมาณร้อยละ 36.96 ขณะที่ NDVI อธิบายได้เพียงร้อยละ 6.10 นอกจากนี้ แบบจำลอง EVI ยังมีค่า RMSE ต่ำกว่า NDVI แสดงให้เห็นว่า EVI มีศักยภาพสูงกว่าในการใช้ประเมินเบื้องต้นคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเต็งรังในพื้นที่ศึกษา

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแปลงตัวอย่างทั้ง 3 แปลงมีค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแตกต่างกัน โดยแปลงที่ 1 และแปลงที่ 3 มีค่าการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าแปลงที่ 2 ความแตกต่างดังกล่าวอาจสัมพันธ์กับจำนวนต้นไม้ โครงสร้างขนาดลำต้น ความสูง และองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ในแต่ละแปลง แม้ว่าแปลงที่ 1 มีจำนวนต้นมากที่สุด แต่ค่าคาร์บอนเหนือพื้นดินไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นเพียงอย่างเดียว หากยังขึ้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในสมการแอลโลเมตรี ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบดัชนีพืชพรรณ พบว่า ดัชนี EVI มีค่า R^2 สูงกว่า ดัชนี NDVI และมีค่า RMSE ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่า ดัชนี EVI มีศักยภาพในการอธิบายความแปรปรวนของคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ดีกว่า ดัชนี NDVI ในพื้นที่ศึกษานี้ เหตุผลหนึ่งอาจมาจาก ดัชนี EVI ถูกออกแบบมาเพื่อลดอิทธิพลจากพื้นดินและชั้นบรรยากาศ รวมทั้งช่วยลดข้อจำกัดของ ดัชนี NDVI ที่อาจเกิดการอิ่มตัวของค่าในพื้นที่ที่มีพืชพรรณค่อนข้างหนาแน่น แม้ว่าป่าเต็งรังจะเป็นป่าผลัดใบและมีเรือนยอดไม่หนาแน่นเท่าป่าดิบ แต่ความแตกต่างของพื้นดินเปิดและโครงสร้างเรือนยอดอาจทำให้ ดัชนี EVI ตอบสนองต่อสภาพพื้นที่ได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ที่ได้ยังไม่สูงมาก โดยเฉพาะแบบจำลอง NDVI ที่มีค่า R^2 ต่ำมาก สะท้อนว่าค่าดัชนีพืชพรรณเพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอในการอธิบายการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเต็งรังในระดับแปลงขนาดเล็ก ปัจจัยอื่น เช่น ความสูงเรือนยอด ความหนาแน่นของลำต้น ชั้นอายุของไม้ ความชื้นในดิน และความแตกต่างของชนิดพรรณไม้ อาจมีบทบาทในการกำหนดปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน

ข้อจำกัดสำคัญของการศึกษานี้คือจำนวนแปลงตัวอย่างมีเพียง 3 แปลง ทำให้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ถดถอยถูกตีความในฐานะการประเมินเบื้องต้น ไม่ใช่แบบจำลองเชิงทำนายที่มีความแม่นยำสูง ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตควรมีการเพิ่มจำนวนแปลงตัวอย่างให้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่ศึกษา หรือจำนวนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่ได้หากคำนวณมวลชีวภาพในแต่ละชั้นภูมิแล้ว ค่า Coefficient of Variation หรือ CV ไม่เกิน 25% ถือว่าจำนวนแปลงเป็นตัวแทนที่เหมาะสม และครอบคลุมความหลากหลายของโครงสร้างป่าและช่วงค่าดัชนีพืชพรรณจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการประเมินคาร์บอนในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปี งบประมาณ พ.ศ. 2566

7. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2561). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาวิธีการประเมินการกักเก็บและกระบวนการแลกเปลี่ยนคาร์บอน ภายใต้โครงการพัฒนาเครื่องมือ/วิธีการประเมินกักเก็บและกระบวนการแลกเปลี่ยนคาร์บอน. สืบค้นจาก https://datacenter.dcce.go.th/media/images/4/A5/5._Final_Report_Green_Area_2561.pdf

ชณัฐฎา แสงงาม. (2559). การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของยางพาราในพื้นที่อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย.(ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัชรี เกษรบัว, อนุชสรา หงส์แก้ว, และ เอกลักษณ์ สลักคำ. (2565, มกราคม-มิถุนายน). การสร้างแบบจำลองเพื่อประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในสวนยางพาราด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2A. *วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 22*(1), 66-77.

รัชดา คำจริง และ ศักดิ์ดา หอมหวน. (2565, มกราคม-เมษายน). การพัฒนาระบบติดตามการกักเก็บคาร์บอนรายเดือนในภาคการเกษตรแบบใกล้เคียงเวลาจริง. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 14*(1), 171-184.

วรรณพร แป้นนวล, กาญจน์เขจร ชูชีพ และ วิพักตร์ จินตนา. (2558). การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าพรุควนเคร็ง หลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม. *วารสารวนศาสตร์, 34*(1), 16-28.

ศุภกานต์ ธิเตจ๊ะ, สุนทร คำยอง, อัมรินทร์ บุญตัน, อริศรา เจริญปัญญาเนตร, และ พันธุ์ลพ หัตถโกศล. (2563, มกราคม-เมษายน). การใช้ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าปลูกในลุ่มน้ำแม่ตาวที่ทำเหมืองแร่สังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 25*(1), 51-63.

ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติจังหวัดเพชรบุรี. (2562). รายงานการศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมในพื้นที่มรดกอาเซียน: อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). T-VER-S-TOOL-01-01 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration in tree) ฉบับที่ 1 วันที่บังคับใช้ 1 มีนาคม 2566.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment, 83*(1-2), 195-213. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2.

IPCC. (2023). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

Kriegler, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F. & Richardson, W. (1969). Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition. *Proceedings of the sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment,* 97-131.

Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Oshiro, K., & Kamei, T. (2007). Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density forest. *Sensors, 7*(11), 2636-2651. https://doi.org/10.3390/s7112636

Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., & Kira, T. (1965). Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia, 4*, 49-80.

Xiao, J., Chevallier, F., Gomez, C., Guanter, L., Hicke, J. A., Huete, A. R., & Zhang, X. (2019). Remote sensing of the terrestrial carbon cycle: A review of advances over 50 years. *Remote Sensing of Environment, 233*, 111383.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การยกระดับคุณภาพสินค้าเกษตรปลอดภัยของวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย ด้วยการตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี

สุบิน ใจทา[1*] และภัทรานิษฐ์ ดำรงค์โรจน์ธนัท[2]

[1] คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่ที่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120
[2] คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ที่ 13 ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

*s_jaita@yahoo.com, 086-659977

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับคุณภาพสินค้าเกษตรปลอดภัยของวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ จังหวัดเชียงราย โดยสำรวจข้อมูลการผลิต และตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างประกอบไปด้วย ออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และไพรีทรอยด์ ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS) กลุ่มเป้าหมายคือสมาชิกวิสาหกิจชุมชนครอบคลุมพื้นที่เกษตร 65 แปลง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบสำรวจ และการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตตามแนวทางเกษตรปลอดภัย ใช้วัสดุธรรมชาติในการบำรุงพืชและป้องกันศัตรูพืช และไม่พบการใช้วัตถุอันตรายในพื้นที่สำรวจ จากการเก็บตัวอย่างรวม 150 ตัวอย่าง ได้แก่ พืช 122 ตัวอย่าง ดิน 9 ตัวอย่าง และน้ำ 19 ตัวอย่าง ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วย GC-MS ไม่พบสารเคมีตกค้างในทุกตัวอย่างภายใต้เงื่อนไขการวิเคราะห์ของโครงการ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการตรวจวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์สามารถสนับสนุนการพัฒนาระบบเกษตรปลอดภัยและสร้างความเชื่อมั่นต่อคุณภาพผลผลิตได้

คำสำคัญ เกษตรปลอดภัย, วิสาหกิจชุมชน, สารเคมีตกค้าง, GC-MS

Enhancing Safe Agricultural Product Quality of the Chiang Rai Un-Ai-Rak Community Enterprise Chiangrai Province, Thailand through Pesticide Residue Analysis Using Gas Chromatography–Mass Spectrometry

Subin Jaita[1*] and Phattranit Dumrongrojthanath[2]

[1] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiangrai Campus, Sai Kaow, Phan, Chiangrai, Thailand 57120

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan Campus, Fai Kaeo, Phupeang, Nan, Thailand 55000

*s_jaita@yahoo.com, 086-659977

Abstract

This study aimed to enhance the quality of safe agricultural products produced by the Chiang Rai Un-Ai-Rak Community Enterprise, Chiang Rai Province, Thailand. The research integrated agricultural production surveys and analyze the chemical residues, including organochlorines, organophosphates, carbamates, and pyrethroids, using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The target group is community enterprise members covering 65 agricultural plots. Research instruments included farmer surveys and laboratory analyses of plant, soil, and water samples. The results showed that most farmers followed safe agricultural practices by using natural materials for plant nutrition and pest management, and no hazardous agricultural chemicals were reported in the surveyed areas. A total of 150 samples, including 122 plant, 9 soil, and 19 water samples, were analyzed. No pesticide residues were detected in any samples under the analytical conditions of the project. The findings indicate that scientific residue analysis effectively supports safe agricultural production and strengthens confidence in agricultural product quality.

Keywords: safe agriculture, community enterprise, pesticide residues, GC-MS

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภาคการเกษตรเป็นภาคการผลิตที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและความมั่นคงทางอาหารของประเทศไทย โดยเฉพาะการผลิตผักและผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งรายได้หลักของเกษตรกรในหลายพื้นที่ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในอดีตมักพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ส่งผลให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับการตกค้างของสารเคมีในผลผลิต ดิน และแหล่งน้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งกระทบต่อความเชื่อมั่นของตลาดและศักยภาพการแข่งขันของสินค้าเกษตรไทย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2568; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2567)

ประเทศไทยได้ส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยอย่างต่อเนื่องผ่านมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) ซึ่งมุ่งเน้นการจัดการกระบวนการผลิตให้มีความปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดการพึ่งพาสารเคมี (Codex Alimentarius Commission, 2565) นอกจากนี้ แนวคิดเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy) ยังให้ความสำคัญกับการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า การเพิ่มมูลค่าผลผลิต และการพัฒนาการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเกษตรปลอดภัยในระดับชุมชน (กรมประชาสัมพันธ์, 2568)

วิสาหกิจชุมชนเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก เนื่องจากเป็นการรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อพัฒนาการผลิต การแปรรูป และการตลาดร่วมกัน อย่างไรก็ตาม หลายชุมชนยังประสบข้อจำกัดด้านองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการดิน การบำรุงพืช การป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีธรรมชาติ และการตรวจสอบคุณภาพผลผลิตตามหลักวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้การสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของสินค้าเกษตรยังมีข้อจำกัด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มศักยภาพของเกษตรกรและยกระดับมาตรฐานการผลิต

การตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography–Mass Spectrometry; GC-MS) เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากมีความไวและความจำเพาะสูง สามารถใช้ประเมินความปลอดภัยของผลผลิตทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (AOAC INTERNATIONAL, 2566) ข้อมูลจากการตรวจวิเคราะห์สามารถใช้เป็นหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคและสนับสนุนการพัฒนาสินค้าเกษตรให้เป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

วิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ จังหวัดเชียงราย เป็นกลุ่มเกษตรกรที่มุ่งผลิตพืชผักและผลไม้ตามแนวทางเกษตรปลอดภัย โดยให้ความสำคัญกับการลดการใช้สารเคมีในการจัดการแปลงผลิต อย่างไรก็ตาม ยังมีความจำเป็นในการพัฒนาองค์ความรู้และการยืนยันคุณภาพผลผลิตด้วยข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในสินค้าเกษตรให้กับผู้บริโภค เนื่องจากยังไม่มีผลทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือรองรับในการ

เป็นผักปลอดภัย ทำให้เกิดความกังวลในกลุ่มของผู้บริโภค ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงดำเนินการสำรวจข้อมูลการผลิตและตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในตัวอย่างพืช ดิน และน้ำด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อสนับสนุนการยกระดับคุณภาพสินค้าเกษตรปลอดภัยและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาสู่มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาพการผลิตทางการเกษตรและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ จังหวัดเชียงราย

1.2.2 เพื่อตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography–Mass Spectrometry: GC-MS)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สารพิษตกค้างจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในภาคเกษตรกรรมถือเป็นปัญหาสำคัญต่อความปลอดภัยของอาหารและสิ่งแวดล้อม และการตกค้างของสารเหล่านี้ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม จึงมีการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits: MRLs) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมความปลอดภัยของอาหาร โดยประเทศไทยกำหนดค่า MRLs ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง ซึ่งอ้างอิงมาตรฐาน Codex Alimentarius และ ASEAN MRLs (กองอาหาร, 2568) โดยสารกำจัดศัตรูพืชที่พบตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorines; OCs) ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates; OPs) คาร์บาเมต (Carbamates) และ ไพรีทรอยด์ (Pyrethroids) ซึ่งแต่ละกลุ่มมีสมบัติทางเคมี กลไกการออกฤทธิ์ และความคงทนในสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

1. กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorines) เป็นสารที่มีโครงสร้างประกอบด้วยคลอรีนหลายอะตอม มีความเสถียรสูง ละลายในไขมัน และสลายตัวช้า จึงมีแนวโน้มสะสมในห่วงโซ่อาหารและสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น Dichlorodiphenyltrichloroethane(DDT) และ Hexachlorocyclohexane(HCH) ซึ่งแม้หลายชนิดถูกห้ามใช้แล้ว แต่ยังคงตรวจพบในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากความคงทนสูง (Wittayanan et al., 2562)
2. กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) เป็นสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ส่งผลต่อระบบประสาทของแมลง มีความเป็นพิษเฉียบพลันสูงแต่สลายตัวได้เร็วกว่าออร์กาโนคลอรีน ทำให้ยังคงมีการใช้อย่างแพร่หลายในภาคเกษตร เช่น chlorpyrifos และ parathion (Lertassavakorn et al., 2569; สุภัทรา กลางประพันธ์ และคณะ, 2565)
3. กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamates) มีโครงสร้างคล้ายออร์กาโนฟอสเฟตและออกฤทธิ์ยับยั้ง acetylcholinesterase เช่นเดียวกัน แต่การจับกับเอนไซม์เป็นแบบ reversible จึงมีความเป็นพิษต่ำกว่า

และสลายตัวได้เร็วกว่า เช่น carbofuran และ carbaryl (สุภัทรา กลางประพันธ์ และคณะ, 2565; Santaladchaiyakit et al., 2555)

4. กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroids) เป็นสารสังเคราะห์เลียนแบบ pyrethrin จากพืชดอกเบญจมาศ ออกฤทธิ์รบกวนช่องโซเดียมของเซลล์ประสาทแมลง มีความเสถียรต่อแสงและความร้อนมากกว่า pyrethrin ธรรมชาติ และถูกใช้แทนสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหลายประเทศ เช่น cypermethrin และ deltamethrin (นฤพล วัฒนภาพ และ นุชนาฏ จงเลขา, 2552)

ประเทศไทยกำหนด ค่า MRLs สำหรับสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดและแต่ละชนิดของอาหารแตกต่างกัน เช่น Cypermethrin ในผักคะน้า 2 mg/kg Deltamethrin ในกะหล่ำปลี 0.5 mg/kg Carbaryl ในมังคุด 20 mg/kg Chlorpyrifos ในผักใบหลายชนิด 0.5–1 mg/kg และสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิดกำหนดค่าในระดับต่ำมากหรือห้ามตรวจพบในอาหาร เนื่องจากเป็นสารต้องห้าม ทั้งนี้ค่า MRLs อาจแตกต่างกันตามชนิดของพืชและมีการปรับปรุงเป็นระยะตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับล่าสุด (กองอาหาร, 2568)

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชและสิ่งแวดล้อมนิยมใช้เทคนิค Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความจำเพาะและความไวสูง GC ทำหน้าที่แยกสารตามความระเหยและการกระจายตัวระหว่างเฟสอยู่กับที่และเฟสเคลื่อนที่ ในขณะที่ MS ใช้สำหรับตรวจสอบมวลต่อประจุ (m/z) เพื่อระบุชนิดของสารอย่างแม่นยำ เหมาะสำหรับการวิเคราะห์สารกลุ่มที่สามารถระเหยได้หรือผ่านการ derivatization เช่น organochlorines และ pyrethroids (พรรคพล ชะพลพรรค และ วาสินี ว่องไว , 2567) ดังนั้น GC-MS จึงเป็นเทคนิคหลักที่ได้รับการยอมรับในการตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากให้ความแม่นยำสูง ลดปัญหาการรบกวนจากเมทริกซ์ และสามารถใช้ในการเฝ้าระวังความปลอดภัยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

การวิจัยดำเนินการในพื้นที่ของวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรที่ดำเนินการผลิตพืชผักและผลไม้ตามแนวทางเกษตรปลอดภัย โดย ครอบคลุมพื้นที่เกษตรจำนวน 65 แปลง

3.2 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ที่บูรณาการการสำรวจข้อมูลภาคสนามและการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ เพื่อสนับสนุนการยกระดับคุณภาพสินค้าเกษตรปลอดภัยของวิสาหกิจชุมชน

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรมหลัก ได้แก่

3.2.1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน ผู้วิจัยลงพื้นที่เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน โดยใช้แบบสำรวจและการสัมภาษณ์ ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ชนิดพืชที่เพาะปลูก ลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร วิธีการบำรุงพืช วิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปัญหาและความต้องการด้านการผลิต

3.2.2 การเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในพืช ดิน และน้ำ

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน รวมทั้งสิ้น 150 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตัวอย่างพืช 122 ตัวอย่าง ตัวอย่างดิน 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างน้ำ 19 ตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

- พืช สุ่มเก็บตัวอย่าง 3-5 จุด มีปริมาณประมาณ 100 กรัม ลงในถุงซิปที่ปิดให้มิดชิด
- น้ำ เก็บตัวอย่างน้ำลึกลงไปจากผิวน้ำ 30 เซนติเมตร โดยขวดเก็บตัวอย่างน้ำผ่านการล้างด้วย อะซิโตน และ เฮกเซน
- ดิน เก็บตัวอย่างดิน ลึกลงไปจากผิวดิน 15 เซนติเมตร โดยใช้พลั่ว และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่สะอาด

3.2.2.2 การตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้าง การเตรียมตัวอย่างใช้เทคนิคLiquid-liquid extraction โดยเริ่มจาก ชั่งตัวอย่าง 5±0.05 กรัม ใส่หลอด centrifuge ขนาด 50 มล. เติม Ethyl acetate 10 มล. เขย่า 1 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบประมาณ 3,300 รอบ/นาที นาน 5 นาที ปิเปตสารละลายชั้นบน 5 มล. ใส่หลอด centrifuge ขนาด 15 มล. เติม Sodium sulphate ($NaSO_4$) 0.300 กรัม เขย่า 1 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบประมาณ 3,300 รอบ/นาที นาน 5 นาที ปิเปตสารละลาย 2 มล. แล้วนำไประเหยให้สารละลายเหลือประมาณ 1 มล. นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography–Mass Spectrometry; GC-MS) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น CLARUS SQ 8 สภาวะ Oven: Initial temp 100°C for 0 min, ramp 7°C/min to 250°C, hold 9 min, InjBauto= 300°C, Volume= 0 µL, Split= 50: 1, Carrier Gas= He, Solvent Delay= 5.00 min, Transfer Temp= 220°C, Source Temp= 200°C, Scan: 45 to 600Da, Column 30. 0m x 250µm การวิเคราะห์ชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่พบจะเทียบกับสารมาตรฐานจากบริษัท Dr.Ehrenstorfer ทั้งหมด 20 ชนิด แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ชนิดและรายชื่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้

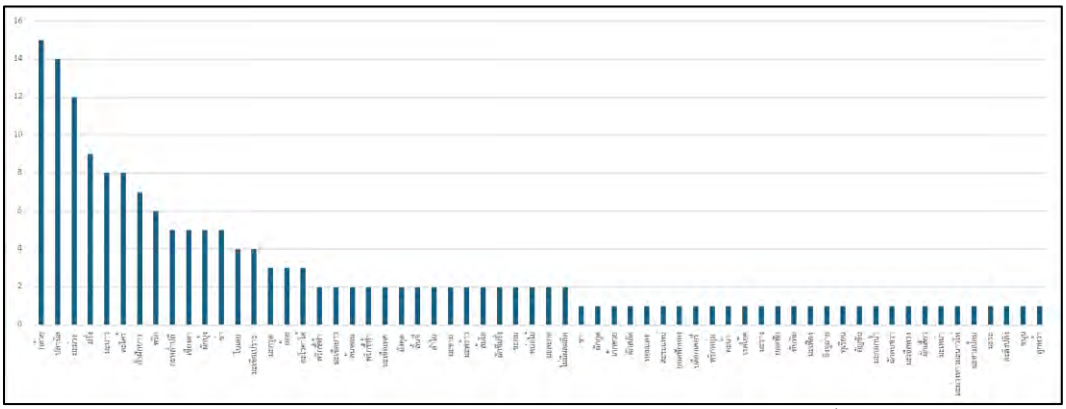
กลุ่มของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	ชื่อสารเคมี
Organochlorines	Aldrin, 2,4'-DDT, Endosulfan, Endrin, dieldrin, dicofol
Organophosphates	chlorpyrifos, Diazinon, Ethion, Malathion
Carbamates	Carbaryl, Carbofuran, Methomyl
Pyrethroids	Bifenthrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Fenvalerate, Flucythrinate, Permethrin

4. ผลการวิจัย

ผลการสำรวจแปลงเกษตรของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ทั้ง 65 แปลง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีแนวปฏิบัติการผลิตที่สอดคล้องกับเกษตรปลอดภัย กล่าวคือ ไม่พบการใช้วัตถุอันตรายในแปลงที่สำรวจ แหล่งน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตรส่วนใหญ่เป็นน้ำชลประทาน และมีเพียง 1 รายที่ใช้น้ำบาดาลร่วมด้วย ในด้านการบำรุงพืช เกษตรกรใช้วัสดุธรรมชาติและอินทรียวัตถุเป็นหลัก เช่น น้ำหมักผลไม้ น้ำหมักจากเศษอาหาร น้ำหมักจากซากปลา ปุ๋ยอินทรีย์รองก้นหลุม ขี้วัว ขี้ไก่ น้ำหมักชีวภาพ น้ำหมักจากพืช และปุ๋ยหมักจากเศษพืชผัก ขณะที่การจัดการแมลงศัตรูพืชนิยมใช้วิธีทางธรรมชาติ เช่น น้ำส้มควันไม้ ใบสะเดาดอง ยาเส้น หอมหัวใหญ่ สมุนไพร และการกำจัดโดยแรงงานคนในแปลง

พื้นที่ศึกษามีความหลากหลายของชนิดพืชค่อนข้างสูง โดยพบพืชปลูกรวม 60 ชนิด ทั้งไม้ผลและพืชผักสวนครัว ชนิดพืชที่ปลูกมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กล้วย 15 แปลง มะม่วง 12 แปลง และฝรั่ง 9 แปลง นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรเลี้ยงปลานิลจำนวน 14 แปลง สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะการผลิตแบบผสมผสานที่ช่วยกระจายความเสี่ยงด้านรายได้และเพิ่มความหลากหลายทางอาหารภายในชุมชน

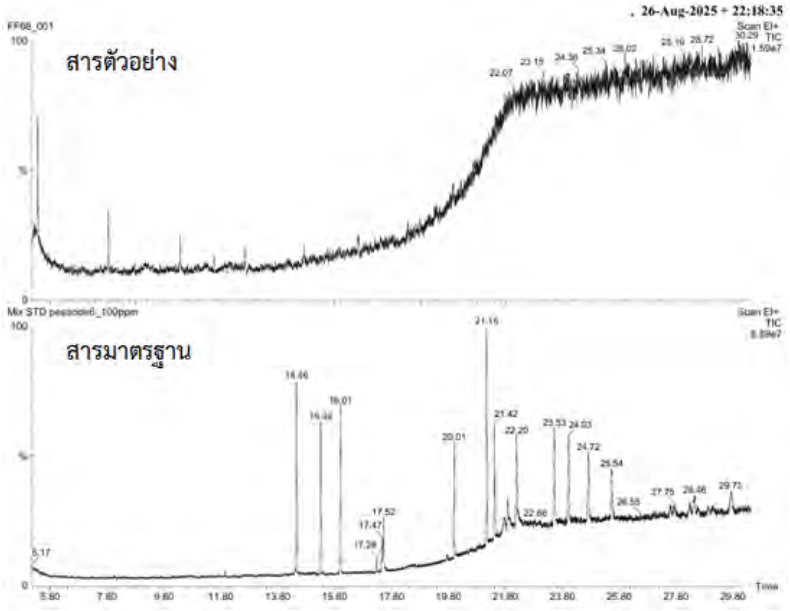
อย่างไรก็ตาม มีเกษตรกรบางส่วนได้รับผลกระทบจากอุทกภัยครั้งใหญ่ในจังหวัดเชียงรายในปี พ.ศ. 2567 ทำให้มีอย่างน้อย 2 รายที่ยังไม่สามารถเพาะปลูกหรือมีผลผลิตได้ตามปกติ ประเด็นนี้ชี้ให้เห็นว่า แม้ระบบการผลิตของชุมชนจะมุ่งสู่เกษตรปลอดภัย แต่ความเสี่ยงด้านภัยพิบัติและการฟื้นฟูพื้นที่หลังน้ำท่วมยังเป็นเงื่อนไขสำคัญที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตของเกษตรกรรายย่อย



รูป1 แผนภูมิแสดงพืชที่ปลูกในวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์

การตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างครอบคลุมตัวอย่างจากพื้นที่วิสาหกิจชุมชนรวม 150 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างพืช 122 ตัวอย่าง ตัวอย่างดิน 9 ตัวอย่าง และตัวอย่างน้ำ 19 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ตรวจครอบคลุมพืชหลากหลายชนิด เช่น ผักกาด มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว พริก ฝรั่ง มะม่วง กล้วย ตะไคร้ ข่า ผักบุ้ง ชะอม มะนาว รวมถึงตัวอย่างดินและน้ำจากหลายแปลงของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน

ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่า ไม่พบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขการวิเคราะห์ของโครงการ ทั้งในตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ ข้อค้นพบนี้มีนัยสำคัญในหลายมิติ ประการแรก สอดคล้องกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามที่ระบุว่าเกษตรกรไม่ใช้วัตถุอันตรายในแปลงและนิยมใช้วัสดุจากธรรมชาติในการบำรุงพืชและจัดการศัตรูพืช ประการที่สอง การไม่พบสารตกค้างในตัวอย่างน้ำและดินช่วยสนับสนุนข้อสันนิษฐานว่า สภาพแวดล้อมการผลิตของชุมชนมีความเสี่ยงจากสารเคมีค่อนข้างต่ำในช่วงเวลาที่ศึกษา และประการที่สาม ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถใช้เป็นหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคและเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตรของชุมชน



รูป2 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐาน

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบการผลิตของวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์มีแนวทางการทำเกษตรแบบเกษตรปลอดภัยอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเกษตรปลอดภัยของประเทศไทยที่มุ่งลดความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้บริโภคและเกษตรกร (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565) อีกทั้งการที่ไม่พบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างพืช ดิน และน้ำ อาจสะท้อนถึงการใช้สารเคมีในระดับต่ำหรือไม่มีการใช้สารเคมีในระบบการผลิต อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับขอบเขตของวิธี GC-MS และเงื่อนไขการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงควรมีการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องและครอบคลุมสารตกค้างชนิดอื่นเพิ่มเติมในอนาคต

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการบูรณาการการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเกษตรปลอดภัยร่วมกับการตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างด้วยเทคนิค GC-MS สามารถสนับสนุนการพัฒนาระบบเกษตรปลอดภัยในระดับ

วิสาหกิจชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์ไม่พบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างทั้งหมด และเกษตรกรมีแนวโน้มลดการใช้สารเคมีลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ควรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในด้านการติดตามคุณภาพผลผลิต การขยายขอบเขตการตรวจวิเคราะห์ การสร้างระบบรับรองมาตรฐาน GAP และอาจเพิ่มการสื่อสารผลการตรวจทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้บริโภค เช่นการมี QR Code ที่บรรจุภัณฑ์ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เกษตรในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจาก กองทุนสงเสริมวิทยาศาสตร วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) : งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปงบประมาณ 2568 รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรสมาชิกของวิสาหกิจชุมชนเชียงรายอุ่นไอรักษ์ ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ที่ได้ให้ข้อมูลและอนุเคราะห์ตัวอย่างพืช ดินและน้ำ สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยหวังว่าผลสัมฤทธิ์ของงานวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้า และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2567). ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร. สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.onep.go.th/ผลกระทบต่อการใช้สารเคม/

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2568). การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agricultural Practice : GAP). สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2568, จาก https:// agriman.doae.go.th/wp-content/uploads/2025/08/51.-การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช-gap.pdf

Codex Alimentarius Commission. (2565). Pesticide residues in food. FAO/WHO. สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius

กรมประชาสัมพันธ์. (2568). BCG Model: โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน วาระแห่งชาติของประเทศไทย. สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/id/31/iid/435264

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2567). *คู่มือการดำเนินกิจการวิสาหกิจชุมชน(ฉบับปรับปรุงใหม่)*. ม.ป.ท: ม.ป.พ. สืบค้นจาก https:// sceb.doae.go.th/wp-content/uploads/2025/05/a_w-คู่มือดำเนินธุรกิจ_44-หน้า_Final-รวม.pdf

AOAC INTERNATIONAL. (2566). Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL (22nd ed.). Oxford University Press.

กองอาหาร. (2568). “ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 460) พ.ศ. 2568 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง” สืบค้น 20 กรกฎาคม 2569, จาก https://food.fda.moph.go.th/press-release/draft-toxic-residues/

Wittayanan, W., Srikote, R., & Chaimongkol, T. (2562). Determination of Organochlorine Pesticide and Polychlorinated Biphenyl as POPs Residues in Freshwater Animals in Thailand during 2017- 2018. *Science & Technology Asia*, *24*(3) , 27– 38. https: / / ph02. tci-thaijo.org/index.php/SciTechAsia/article/view/206337

Lertassavakorn T., Phodaeng P., Pramnanun T., Arawan T., Siangyai A., & Inthorn D., (2569) Determination of organophosphate, carbamate, and pyrethroid pesticide residues in vegetables from hotpot and shabu sectors and local markets within Bangkok. *Chiang Mai Journal of Science*, *53*(4): e2026062. Doi:10.12982/CMJS.2026.062

สุภัทรา กลางประพันธ์, มนฑิรา พาราณสี, และ ศรัณย์ ฉวีรักษ์. (2565). การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างในผักสมุนไพรที่จำหน่ายตามท้องตลาด ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *19*(2), 91–99. Doi:https://doi.org/10.14456/paj.2022.23

Santaladchaiyakit, Y., Srijaranai, S., & Burakham, R. (2555), Methodological aspects of sample preparation for the determination of carbamate residues: A review. *Journal of Separation Science*, *35*, 2373-2389. doi:https://doi.org/10.1002/jssc.201200431

นฤพล วัฒนภาพ, และ นุชนาฏ จงเลขา, (2552). การวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ตกค้างในผักกาดขาวปลีเพื่อกำหนดวันเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค. *วารสารเกษตร*, *25*(1), 71-78. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/245839

พรรคพล ชะพลพรรค และ วาสินี ว่องไว (2567). การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกะหล่ำปลี คะน้า แครอท และส้ม โดยเครื่อง GC-MS/MS: การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกะหล่ำปลี คะน้า แครอท และส้ม. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, *66*(1), 67–90. สืบค้นจาก https://he02.tci-thaijo.org/index.php/dmsc/article/view/263110

สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2565). การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP). สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.opsmoac.go.th/yasothon-article_prov-files-431691791798

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกทวิภาคสำหรับการทำนายความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

อภิชญาพร ปรางสุรางค์ [1*] และอุมาพร เจริญธนากุล[2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร 52 หมู่ 7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร 128 ถนนห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300
*E-mail: apichyaponp@gmail.com, 0896417249

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัย โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกเพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายโอกาสความสำเร็จ และระบุปัจจัยจำแนกที่มีอิทธิพลหลักอย่างแท้จริง ประชากรคือบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 6 เขตพื้นที่ จำนวน 1,043 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Cochran สำหรับการประมาณค่าสัดส่วนร่วมกับข้อเสนอแนะของ Peduzzi et al. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่นได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคระหว่าง 0.799 – 0.926 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา และสถิติอนุมานผ่านการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกเชิงพหุ (Multiple Logistic Regression Analysis) ด้วยวิธี Backward: Wald

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังไม่มีตำแหน่งทางวิชาการร้อยละ 66.7(267 คน) และมีตำแหน่งทางวิชาการแล้วร้อยละ 33.3 (133 คน) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นระบุปัจจัย 6 ตัวแปรที่สามารถร่วมกันทำนายความสำเร็จในการขอดำรงตำแหน่งทางวิชาการได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยจำแนกเป็น ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวก (เพิ่มโอกาสความสำเร็จ) ได้แก่ 1) ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ โดยกลุ่มข้าราชการมีโอกาสสำเร็จเป็น 3.803 เท่า ของพนักงานสถาบัน (Adjusted OR = 3.803, 95% CI = 1.972 – 7.336) 2) ความรับผิดชอบ (Adjusted OR = 1.195, 95% CI = 1.054 – 1.3455) 3) การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ (Adjusted OR = 1.123, 95% CI = 1.067 – 1.181) และ 4) ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ (Adjusted OR = 1.113, 95% CI = 1.010 – 1.227) สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงลบ (ลดโอกาสความสำเร็จ) ได้แก่ 5) ลักษณะของงานที่มีโครงสร้างความหมายทางลบ ซึ่งส่งผลลดโอกาสความสำเร็จลงร้อยละ 27.5 (Adjusted OR = 0.725, 95% CI = 0.656 – 0.801) และ 6) การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย (Adjusted OR = 0.934, 95% CI = 0.887 – 0.983) ผลการวิจัยนี้ช่วยให้ผู้บริหารสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเชิงรุกในการบริหารภาระงานและพัฒนาระบบสนับสนุนในระดับหน่วยงานเพื่อขับเคลื่อนองค์กรสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการ

คำสำคัญ: การขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ; การถดถอยลอจิสติกทวิภาค; แบบจำลองพยากรณ์; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Title Binary Logistic Regression Analysis for Predicting the Success of Academic Title Attainment Among Academic Personnel at Rajamangala University of Technology Lanna

Apichayapon Prangsurang [1*] and *Umaporn Charoentanakul*[2]

[1*] Faculty of Science and Agricultural Technology 52 Moo 7, Ban Krang, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok Province 65000

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology : 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, 50300

*E-mail: apichyaponp@gmail.com 0896417249

Abstract

This research aimed to analyze the factors influencing the success of academic title attainment among university academic personnel, using logistic regression analysis to develop a predictive model for success probability and to identify core influential factors. The population encompassed 1,043 academic staff members across 6 campuses of Rajamangala University of Technology Lanna. The sample consisted of 400 participants, determined by using Cochran's proportion estimation formula in conjunction with the recommendations of Peduzzi et al. The research instrument was a questionnaire with Cronbach's alpha coefficients ranging between 0.799 and 0.926. Data was analyzed using descriptive statistics and inferential statistics via Multiple Logistic Regression Analysis with the Backward: Wald method.

The results revealed that the majority of the sample (66.7% or 267 persons) had not yet attained an academic title, while 33.3% (133 persons) had achieved it. The constructed mathematical model identified 6 variables that significantly predicted the success of academic title attainment at the 0.05 statistical significance level. These factors were classified into two directions: positive predictors included 1) type of academic personnel, where civil servants had a 3.803 times higher chance of success compared to university employees (Adjusted OR = 3.803, 95% CI = 1.972 – 7.336), 2) responsibility (Adjusted OR = 1.195, 95% CI = 1.054 – 1.3455) , 3) faculty-level support (Adjusted OR = 1.123, 95% CI = 1.067 – 1.181) , and 4) advancement and recognition (Adjusted OR = 1.113, 95% CI = 1.010 – 1.227) . Conversely, negative predictors included 5) nature of work, which possessed a negative meaning structure and reduced the likelihood of success by 27.5% (Adjusted OR = 0.725, 95% CI = 0.656 – 0.801), and 6) university-level promotion (Adjusted OR = 0.934, 95% CI = 0.887 – 0.983) .These findings serve as proactive administrative guidelines for workload management and the development of department-level support systems to drive the institution toward academic excellence.

Keywords: Academic Title Attainment; Binary Logistic Regression; Predictive Model; Rajamangala University of Technology Lanna

บทนำ

สถาบันอุดมศึกษามีพันธกิจหลักที่สำคัญ 4 ประการ คือ การผลิตบัณฑิต การวิจัย การบริการวิชาการ และการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม โดยบุคลากรสายวิชาการถือเป็นปัจจัยป้อนที่สำคัญที่สุดในการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพออกสู่สังคม ในบริบทปัจจุบัน สถาบันอุดมศึกษาต่างเผชิญกับการแข่งขันและความท้าทายเชิงความเป็นเลิศทางวิชาการเพื่อยกระดับภาพลักษณ์และการแข่งขัน การดำรงตำแหน่งทางวิชาการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์) จึงเป็นสิ่งสะท้อนสำคัญของการปฏิบัติงานตามพันธกิจ อีกทั้งยังเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในระบบประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษา (เช่น เกณฑ์ EdPEx หรือเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา) (ราชกิจจานุเบกษา,2562: 10) ซึ่งผู้ที่มีบทบาทสำคัญนั้นก็คือเหล่าคณาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาซึ่งเป็นผู้บ่มเพาะนักศึกษาให้มีความรู้ ความสามารถในทางวิชาการและวิชาชีพซึ่งเป็นมาตรฐานด้านการดำเนินการตามภารกิจของสถาบันอุดมศึกษา ที่ใช้สัดส่วนบุคลากรสายวิชาการผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการมาคำนวณเป็นคะแนนประเมินคุณภาพของคณะและมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าตำแหน่งทางวิชาการจะสัมพันธ์กับความก้าวหน้า รายได้ และสถานภาพทางสังคมของบุคลากรสายวิชาการ แต่ในทางปฏิบัติ อัตราการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในมหาวิทยาลัยหลายแห่งยังมีสัดส่วนที่น้อยหรือไม่เป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร จากการศึกษาพฤติกรรมและอุปสรรคเชิงระบบ พบว่าบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยต้องเผชิญกับข้อจำกัดและปัญหาที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นภาระงานสอนและงานวิชาการอื่น ๆ ที่มากเกินไป ข้อจำกัดด้านเวลาและงบประมาณสนับสนุนในการจัดทำผลงาน ตลอดจนความซับซ้อนของหลักเกณฑ์และเกณฑ์การพิจารณาแต่งตั้งที่ยากและปรับเปลี่ยนอยู่เสมอ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ

ในสถานการณ์เช่นนี้ การทำความเข้าใจในปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ผู้บริหารสถาบันอุดมศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถวางนโยบายส่งเสริมและสนับสนุนบุคลากรสายวิชาการได้อย่างตรงจุด การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงทำนาย (predictive statistics) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการระบุตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการขอตำแหน่งทางวิชาการตามการศึกษาของ(ปัณณวัฒน์ งามแสงและคณะ,2563) พบว่าแรงจูงใจและคุณลักษณะเชิงพุทธมีอิทธิพลอ้อมสูงกว่าอิทธิพลตรงหมายความว่าโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในยุคไทยแลนด์ 4.0 เป็นตัวแปรส่งผ่านที่ดี อันจะนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองที่สามารถประเมินความน่าจะเป็นของความสำเร็จได้ล่วงหน้า และช่วยให้สถาบันสามารถออกแบบมาตรการเชิงรุก เช่น การพัฒนาศักยภาพนักวิจัย การให้คำปรึกษาทางวิชาการ (mentoring) หรือการปรับนโยบายภาระงาน เพื่อเพิ่มอัตราความสำเร็จในการขอตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในสังกัดเนื่องจากตัวแปรตามในการศึกษานี้คือ "ความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ" ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงกลุ่ม (categorical) แบบทวิภาค กล่าวคือ มีเพียงสองสถานะ ได้แก่ "สำเร็จ" และ "ไม่สำเร็จ" การวิเคราะห์ด้วยสถิติถดถอยเชิงเส้นทั่วไป (linear regression) จึงไม่เหมาะสมทั้งในเชิงข้อสมมติทางสถิติและการตีความผลลัพธ์ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกทวิภาค (Binary Logistic Regression) ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับตัวแปรตามที่มีสองระดับ และสามารถประมาณค่าความน่าจะเป็น (probability) รวมถึงอัตราส่วนออดส์ (odds ratio) ของตัวแปรทำนายแต่ละตัวต่อผลลัพธ์ความสำเร็จได้อย่างเหมาะสม ทั้งยังเป็นเทคนิคที่มีการยอมรับและนำไปใช้อย่างแพร่หลาย

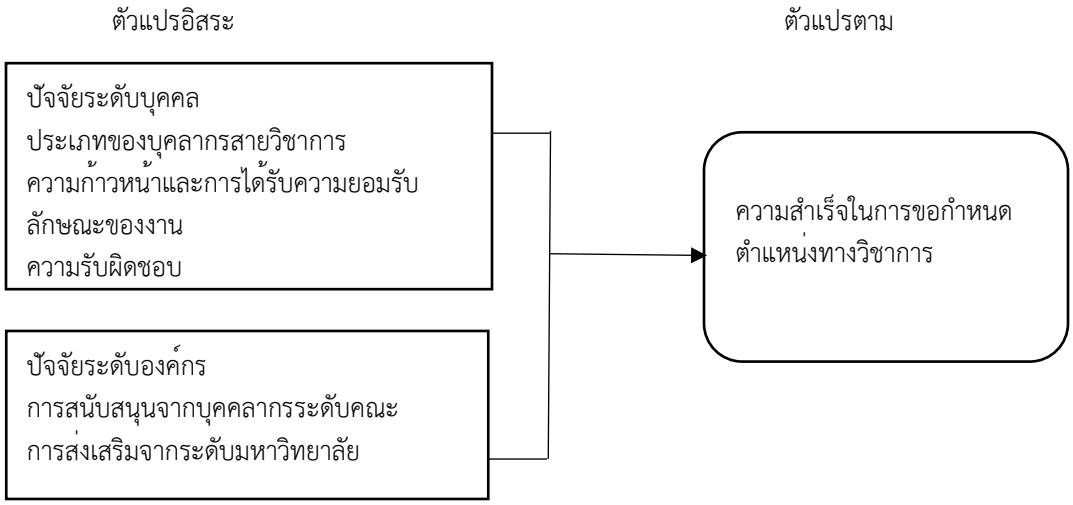
ทั้งในงานวิจัยด้านการศึกษาของไทยและต่างประเทศที่ศึกษาประเด็นการเลื่อนตำแหน่งทางวิชาการในลักษณะใกล้เคียงกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (มทร.ล้านนา) ในฐานะสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติและพัฒนานวัตกรรม ก็เผชิญกับความท้าทายในการส่งเสริมให้บุคลากรสายวิชาการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการเช่นเดียวกัน โดยมีการจัดทำนโยบายเพื่อส่งเสริม สนับสนุนและจัดสรรทรัพยากรให้ตรงจุด จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกว่า ปัจจัยใดในระดับบุคคลและระดับองค์กรที่เป็น "ตัวทำนายที่มีนัยสำคัญ" ต่อความสำเร็จ ปัจจุบันมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีบุคลากรสายวิชาการ จำนวน 1,043 ราย และมีตำแหน่งทางวิชาการจำนวน 459 ราย คิดเป็นร้อยละ 44 (กองบริหารงานบุคคล ข้อมูล ณ 1 กรกฎาคม 2569

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกเพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายโอกาสความสำเร็จ และระบุปัจจัยจำแนกที่มีอิทธิพลหลักอย่างแท้จริง ผลการศึกษาที่ได้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ในการกำหนดนโยบายและมาตรการสนับสนุนบุคลากรสายวิชาการในการเตรียมความพร้อมสู่ตำแหน่งทางวิชาการ เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนพัฒนาบุคลากรสายวิชาการในระยะยาว การวางกลยุทธ์ ออกมาตรการสนับสนุน และขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการอย่างเป็นรูปธรรม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้พัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปัจจัยระดับบุคคล และ ปัจจัยระดับองค์กร ปัจจัยระดับบุคคล เป็นปัจจัยภายในของบุคคล มีพลังอำนาจผลักดันให้บุคคลใช้ความพยายามที่จะทำให้ได้ผลงาน มี 4 ปัจจัย คือ ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ ลักษณะของงาน และความรับผิดชอบ ส่วนปัจจัยระดับองค์กร เป็นปัจจัยที่มีอยู่แวดล้อมในการทำงาน อาจมีลักษณะที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับบุคคลในองค์กร มี 2 ปัจจัย คือ การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะและการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย ปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อ ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ สามารถกำหนดเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ ดังภาพ



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยได้ผ่านคณะกรรมการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ RMUTL- RIB-205/2025

1. ระเบียบวิธีวิจัย

1.1 สมการถดถอยลอจิสติกทวิภาค (Binary logistic regression model)

สมการถดถอยลอจิสติกทวิภาค (Binary logistic regression model) กรณีที่มีตัวแปรทำนายหรือตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว (ตัวแปรทำนาย > 1 ตัว) จะได้สมการดังนี้

$$P_y = \frac{e\beta_0+\beta_1 x_1+\ldots+\beta_p x_p}{1+e\beta_0+\beta_1 x_1+\ldots+\beta_p x_p}$$

เมื่อ P_y คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

Q_y คือ ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ $(Q_y = 1-P_y)$

β_i คือ ค่าสัมประสิทธิการถดถอยลอจิสติกทวิภาคสำหรับตัวแปรทำนายตัวที่ i

x_i คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนาย

e คือ ค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ มีค่าประมาณ 2.71828

1.2 odds ratios

จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรตามของการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกที่ไม่เป็นรูปเชิงเส้น จึงต้องมีการปรับให้ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้นในรูปแบบของ odds หรือ odds ratios จะแสดงถึงโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเป็นกี่เท่าของโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ ดังนั้น odds หรือ odds ratios หมายถึง อัตราส่วนระหว่างโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ กับโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ ดังแสดงไว้ในสมการนี้

$$odds\ ratios = \frac{P_y}{Q_y} = \frac{P_y}{1-P_y} = e^{\beta_0+\beta_1 x_1+\ldots+\beta_p x_p}$$

ค่า Odds Ratios (OR) ใช้สำหรับประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า Odd Ratios (OR) ของสมาชิกในกลุ่มเป้าหมายเมื่อตัวแปรทำนายเพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งหน่วยคำนวณได้ โดยการหาค่าเลขชี้กำลังของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรทำนายนั้น ๆ หรือเขียนสั้น ๆ ในรูป

$$e^{\beta_i};i=0,1,2,\ldots,p\ ;$$

ถ้าค่า odds ratios มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจมีมากกว่าการไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

ถ้าค่า odds ratios มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจมีน้อยกว่าการไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

ถ้าค่า odds ratios odds มีค่าเท่ากับ 1 โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจกับโอกาสที่จะ ไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจเท่ากัน

เช่น odds ratios ของการโยนเหรียญ 1 ครั้งเท่ากับ $\frac{0.5}{0.5}$ = 1, ถ้า odds ratios มีค่าเท่ากับ 2.5 แสดงว่า โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจเป็น 2.5 เท่าของโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

1.3 การทดสอบสมมติฐานค่าสัมประสิทธิการถดถอยลอจิสติกทวิภาคสำหรับตัวแปรทำนายแต่ละตัว (β_i)

เพื่อประเมินความสำคัญของตัวแปรทำนายในสมการได้ เช่น การทดสอบสมมติฐาน $H_0:\beta_i=0$ กับ $H_1:\beta_i\neq 0$ เป็นการประเมินตัวแปรทำนายตัวที่ i ว่าควรอยู่ในสมการถดถอยลอจิสติกหรือไม่โดยการทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรทำนายตัวที่ i สำหรับตัวสถิติทดสอบสมมติฐานข้างต้น ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบของวัลด์ (Wald Statistic) การทดสอบวัลด์ (Wald test) โดยมีการแจกแจงแบบไคกำลังสองที่องศาเสรี (Degree of Freedom) ดังสมการนี้

$$Wald = \left[\frac{\beta_i}{se(\beta_i)}\right]^2$$

เมื่อ β_i คือค่าตัวประมาณสัมประสิทธิการถดถอยลอจิสติกทวิภาคสำหรับตัวแปรทำนายตัวที่ i และ $se(\beta_i)$ คือค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานตัวประมาณสัมประสิทธิการถดถอยลอจิสติกทวิภาคสำหรับตัวแปรทำนายตัวที่ i

กรณีที่ยอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรทำนาย i ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนออดส์ ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ และถ้ากรณีปฏิเสธ H_0 และค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก แสดงว่าตัวแปรทำนายนั้นมีผลต่อการเพิ่มโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ แต่ถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบแสดงว่าตัวแปรทำนายนั้นมีผลต่อการลดโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2549)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ บุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 6 เขตพื้นที่ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย น่าน ลำปาง ตากและพิษณุโลก จำนวน 1,043 คน

กลุ่มตัวอย่าง สำหรับงานวิจัยครั้งนี้คือ บุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อยู่ในเขตพื้นที่ 6 เขตพื้นที่ ในการกำหนดขนาดตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดโดยใช้จำนวนบุคลากรสายวิชาการ ทั้งหมด 1,043 คนเป็นตัวกำหนด โดยใช้สูตร Cochran (Cochran, W. G. (1977). *SamplingTechniques* 3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.) สำหรับการประมาณค่าสัดส่วนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณไม่เกิน 0.05 โดยกำหนดค่าสัดส่วนประชากรเท่ากับ 0.50 เพื่อให้ได้ขนาดตัวอย่างสูงสุดตามหลักการคำนวณ สูตรที่ใช้คือ

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2} \quad \text{โดยที่ } Z = 1.96, p = 0.5, q = 0.5 \text{ และ } e = 0.05$$

เมื่อนำค่ามาแทนในสูตร ได้ขนาดตัวอย่างเบื้องต้นเท่ากับ 384.16 คนเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลจริงจำนวน 400 คน เพื่อให้เพียงพอต่อการวิเคราะห์และรองรับความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล โดยสอดคล้องกับข้อเสนอของ Peduzzi et al. ที่ระบุว่าการวิเคราะห์ logistic regression ควรมีจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 10 เหตุการณ์ต่อตัวแปรอิสระ 1 ตัว

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม โดยผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถาม ความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก ได้แก่ มีตำแหน่งทางวิชาการ เท่ากับ 1 คะแนน และ ไม่มีตำแหน่งทางวิชาการ เท่ากับ 0 คะแนน

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยระดับบุคคล ประกอบด้วย ปัจจัย 3 ด้าน โดยมีคำตอบให้เลือกระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ มีจำนวน 5 ข้อ เป็นข้อความที่มีความหมายทางบวกทั้ง 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ลักษณะของงาน มีจำนวน 4 ข้อ เป็นข้อความที่มีความหมายทางลบทั้ง 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความรับผิดชอบ มีจำนวน 4 ข้อ เป็นข้อความที่มีความหมายทางบวกทั้ง 4 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยระดับองค์กร ประกอบด้วย ปัจจัย 2 ด้าน โดยมีคำตอบให้เลือกระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ มีจำนวน 9 ข้อ เป็นข้อความที่มีความหมายทางบวกทั้ง 9 ข้อ

ตอนที่ 2 การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย มีจำนวน 9 ข้อ เป็นข้อความที่มีความหมายทางบวกทั้ง 9 ข้อ

เครื่องมือได้ผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม ได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ดังนี้ แบบสอบถามเกี่ยวกับความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ เท่ากับ 0.897 แบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะของงาน เท่ากับ 0.907 แบบสอบถามเกี่ยวกับความรับผิดชอบ เท่ากับ 0.799 แบบสอบถามเกี่ยวกับการสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ เท่ากับ 0.926 แบบสอบถามเกี่ยวกับการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย เท่ากับ 0.922

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ จำนวน และ ร้อยละ และสถิติอนุมานเพื่อหาปัจจัยการทำนายความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ โดยการคัดเลือกตัวแปรที่มีค่า p-value < 0.25 จากการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกอย่างง่าย (Simple logistic regression) เพื่อเข้าสู่การวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกเชิงพหุ (Multiple logistic regression) ในการคัดเลือกปัจจัยจากสมการสุดท้ายด้วยวิธีการ Blackward: Wald ทดสอบสมการด้วย Hosmer-Lemeshow test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการเก็บแบบสอบถามพบว่า บุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน พบว่า ร้อยละ 51.0 เป็นเพศชาย ร้อยละ 47.0 เป็นเพศหญิง ร้อยละ 40.0 มีช่วงอายุ 45 – 54 ปี รองลงมา ร้อยละ 38.5 มีช่วงอายุ 34 – 44 ปี ร้อยละ 62.3 มีการศึกษาในระดับ ปริญญาโท รองลงมา ร้อยละ 37.3 มีการศึกษาในระดับ ปริญญาเอก มีเพียง ร้อยละ 0.4 ที่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ในการทำงาน พบว่า ร้อยละ 36.0 มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 15 ปี รองลงมา ร้อยละ 17.0 มีประสบการณ์ในการทำงาน 10-12 ปี และ ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ พบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 84.5 เป็น พนักงานในสถาบันอุดมศึกษา สำหรับ ความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ พบว่า ร้อยละ 66.7 ยังไม่มีตำแหน่งทางวิชาการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามคุณลักษณะประชากร (n = 400)

คุณลักษณะประชากร	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	204	51.0
หญิง	188	47.0
เพศทางเลือก	8	2.0
อายุ (ปี)		
25 – 34	51	12.8
35 – 44	154	38.5
45 – 54	160	40.0
55 – 60	35	8.7
ระดับการศึกษา		
ปริญญาตรี	2	0.4
ปริญญาโท	249	62.3
ปริญญาเอก	149	37.3

คุณลักษณะประชากร	จำนวน	ร้อยละ
ประสบการณ์ในการทำงาน (ปี)		
1 – 3	52	13.0
4 – 6	41	10.3
7 – 9	34	8.4
10 – 12	68	17.0
13 – 15	61	15.3
มากกว่า 15	144	36.0
ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ		
ข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษา	62	15.5
พนักงานในสถาบันอุดมศึกษา	338	84.5
ความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ		
ไม่มีตำแหน่งทางวิชาการ	267	66.7
มีตำแหน่งทางวิชาการ	133	33.3

จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ ของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกโดยการวิเคราะห์เชิงเดี่ยว พบว่า ปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติในการส่งผลต่อความสำเร็จในการขอตำแหน่งทางวิชาการ(p-value < 0.05) มีจำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ(pos) ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ(M_1) ลักษณะของงาน(M_2) ความรับผิดชอบ (M_3)และการสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ(S_1) โดยที่ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ (OR = 3.731, 95% CI = 2.132 - 6.530) ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ (OR = 1.178, 95% CI = 1.084 -1.281) ลักษณะของงาน (OR = 0.717, 95% CI = 0.665 - 0.785) ความรับผิดชอบ (OR = 1.216, 95% CI = 1.112 – 1.329) การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ (OR = 1.124, 95% CI = 1.082 – 1.168) และ การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย (OR = 1.029, 95% CI = 0.996 – 1.064) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการขอดำรงตำแหน่งทางวิชาการ ของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา แบบทีละปัจจัย

ปัจจัย	OR_{crude} (95% CI)	p-value
ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ(pos)	3.731 (2.132 - 6.530)	<0.001
ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ(M_1)	1.178 (1.084 - 1.281)	<0.001
ลักษณะของงาน(M_2)	0.717 (0.665 - 0.785)	<0.001
ความรับผิดชอบ(M_3)	1.216 (1.112 - 1.329)	<0.001
การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ(S_1)	1.124 (1.082 - 1.168)	<0.001
การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย(S_2)	1.029 (0.996 - 1.064)	0.088

จากตารางที่ 2 เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงซ้อนโดยการควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ พบว่า ทุกปัจจัยสามารถทำนายความสำเร็จในการขอดำรงตำแหน่งทางวิชาการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนี้ ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ (pos) (Adjusted OR = 3.803, p < 0.001) ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ (Adjusted OR = 1.113, p = 0.031) ลักษณะของงาน (Adjusted OR = 0.725,p < 0.001) ความรับผิดชอบ (Adjusted OR = 1.195, p = 0.005) การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ (Adjusted OR = 1.123, p < 0.001) และ การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย (Adjusted OR = 0.934, p = 0.008) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เชิงพหุ ตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการขอดำรงตำแหน่งทางวิชาการ ของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ปัจจัย	$OR_{adjusted}$ (95% CI)	p-value
ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ(pos)	3.803 (1.972-7.336)	< 0.001
ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ(M_1)	1.113 (1.010-1.227)	0.031
ลักษณะของงาน(M_2)	0.725 (0.656-0.801)	< 0.001
ความรับผิดชอบ(M_3)	1.195 (1.054-1.355)	0.005
การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ(S_1)	1.123 (1.067-1.181)	< 0.001
การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย(S_2)	0.934 (0.887-0.983)	0.008

การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติกเชิงพหุ (Multiple Logistic Regression Analysis) เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์โอกาสความสำเร็จในการขอตำแหน่งทางวิชาการ พบว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ของตัวแปรทำนายเกือบทุกตัวสอดคล้องกับค่า $Exp(B)$ หรือ $OR_{adjusted}$ ในตารางที่ 3 โดยมีค่าคงที่ของสมการ (Intercept) เท่ากับ -3.881 $(S.E. = 1.410, Wald = 7.578, p = 0.006)$

ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกและส่งผลต่อการเพิ่มโอกาสความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ $(B = 1.336, p < 0.001)$, ความรับผิดชอบ $(B = 0.178, p < 0.005)$, การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ $(B = 0.116, p < 0.001)$ และความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ $(B = 0.107, p < 0.031)$ ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบซึ่งแสดงความสัมพันธ์ทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญ คือ ลักษณะของงาน $(B = -0.322, p < 0.001)$ และการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย $(B = -0.069, p < 0.008)$ ทั้งนี้ สามารถนำค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ของแต่ละปัจจัยมาเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (P_y) ได้ดังสมการที่แสดงไว้ท้ายตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เชิงพหุ ตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อการขอดำรงตำแหน่งทางวิชาการ ของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ปัจจัย	B	Se(B)	Wald	p-value	Exp(B)
Intercept	-3.881	1.410	7.578	0.006	0.021
ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ(pos)	1.336	0.335	15.883	0.000	3.803
ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ(M_1)	0.107	0.050	4.632	0.031	1.113
ลักษณะของงาน(M_2)	-0.322	0.051	39.799	0.000	0.725
ความรับผิดชอบ(M_3)	0.178	0.064	7.785	0.005	1.195
การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ(S_1)	0.116	0.026	19.970	0.000	1.123
การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย(S_2)	-0.069	0.026	6.929	0.008	0.934

สามารถเขียนเป็นสมการ ดังนี้

$$P_y = \frac{e^{-3.881+1.336\,pos+0.107M_1-0.322M_2+0.178M_3+0.116S_1-0.069S_2}}{1+e^{-3.881+1.336\,pos+0.107M_1-0.322M_2+0.178M_3+0.116S_1-0.069S_2}}$$

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 51.0) มีช่วงอายุระหว่าง 45 – 54 ปี (ร้อยละ 40.0) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (ร้อยละ 62.3) มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 15 ปี (ร้อยละ 36.0) และสถานภาพส่วนใหญ่เป็นพนักงานในสถาบันอุดมศึกษา (ร้อยละ 84.5) สำหรับตัวแปรตาม คือความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังไม่มีตำแหน่งทางวิชาการ สูงถึงร้อยละ 66.7 (267 คน) ในขณะที่มีผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการแล้วเพียงร้อยละ 33.3 (133 คน)

ผลการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกจำแนกตามแต่ละปัจจัยพบว่า ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ และการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย เป็นตัวแปรที่ผ่านเกณฑ์เข้าสู่การวิเคราะห์พหุตัวแปร เมื่อนำตัวแปรที่มีนัยสำคัญจากการวิเคราะห์เชิงเดี่ยว (Simple Logistic Regression) เข้าสู่แบบจำลองเชิงพหุด้วยวิธี Backward: Wald และควบคุมอิทธิพลของตัวแปรซ้อนร่วมกัน พบว่ามีปัจจัยจำนวน 6 ตัวแปร ที่สามารถร่วมกันทำนายความสำเร็จในการขอดำรงตำแหน่งทางวิชาการได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยจำแนกส่งอิทธิพลได้ 2 ทิศทาง ดังนี้

ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวก (เพิ่มโอกาสความสำเร็จ) ประเภทของบุคลากรสายวิชาการ ส่งอิทธิพลสูงสุดในแบบจำลอง โดยข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษามีโอกาสความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการเป็น 3.803 เท่า ของพนักงานในสถาบันอุดมศึกษา (Adjusted OR = 3.803, 95% CI = 1.972 – 7.336) ความรับผิดชอบ การรับรู้ความรับผิดชอบในหน้าที่การงานที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ช่วยเพิ่มโอกาสความสำเร็จขึ้นร้อยละ 19.5(Adjusted OR = 1.195, 95% CI = 1.054 – 1.3455) การสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะ การได้รับแรงหนุน การลดภาระงาน หรือการช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมงานและผู้บริหาร

ระดับคณะเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ช่วยเพิ่มโอกาสความสำเร็จขึ้นร้อยละ 12.3 (Adjusted OR = 1.123, 95% CI = 1.067 – 1.181) ความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ การรับรู้ถึงโอกาสความเติบโตและการยอมรับในวิชาชีพเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ช่วยเพิ่มโอกาสความสำเร็จขึ้นร้อยละ 11.3

ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงลบ (ลดโอกาสความสำเร็จ) ลักษณะของงาน เนื่องจากข้อคำถามในส่วนนี้มีโครงสร้างความหมายทางลบ (Negative items) ผลการวิเคราะห์ระบุว่า ยิ่งบุคลากรสายวิชาการเผชิญกับลักษณะงานที่เป็นอุปสรรคหรือภาระงานที่มากเกินไปเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้โอกาสความสำเร็จในการขอตำแหน่งทางวิชาการลดลงร้อยละ 27.5 (Adjusted OR = 0.725, 95% CI = 0.656 – 0.801) การส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย เมื่อควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอื่นแล้ว พบว่ามาตรการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัยส่งอิทธิพลในเชิงลบย้อนกลับ โดยทำให้โอกาสความสำเร็จลดลงร้อยละ 6.6(Adjusted OR = 0.934, 95% CI = 0.887 – 0.983)

ประเภทของบุคลากรสายวิชาการเป็นตัวแปรสำคัญในแบบจำลอง โดยบุคลากรสายวิชาการที่เป็นข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษามีโอกาสความสำเร็จมากกว่าของพนักงานในสถาบันอุดมศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประเด็นนี้สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างด้านความมั่นคงในอาชีพ การได้ผลตอบแทนที่มากกว่า รวมถึงความมั่นคงที่เพิ่มขึ้นหลังการเกษียณอายุจากค่าตอบแทนที่มากขึ้น จึงอาจเป็นแรงจูงใจต่อความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ หรืออาจเกิดจากการความเข้าใจในขั้นตอนการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ตามการศึกษาของฉลอง สุขทองและ ศิรินทิพย์ ไตรเกษม(2561) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ พบว่า บุคลากรประเภทข้าราชการมีระดับความเข้าใจในขั้นตอนการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการมากกว่าพนักงานมหาวิทยาลัย อาจเนื่องมาจากบุคลากรประเภทข้าราชการทำงานระยะเวลานานกว่าพนักงานมหาวิทยาลัย จึงมีความรู้ความเข้าใจมากกว่า

ขณะเดียวกันในเรื่องความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ รวมถึงความรับผิดชอบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลลัพธ์ แสดงว่าการรับรู้ถึงโอกาสก้าวหน้า การได้รับการยอมรับ ซึ่งเป็นแรงขับเคลื่อนเชิงพฤติกรรมที่สำคัญในการกระตุ้นให้บุคลากรสายวิชาการต้องการพัฒนาตนเองและความรับผิดชอบในงาน อาจช่วยเสริมแรงจูงใจในการพัฒนาผลงานทางวิชาการ ซึ่งสอดคล้องกับ ฐิตาภา ทัพวงศ์. (2564). ศึกษาเรื่อง การพัฒนาความก้าวหน้าในอาชีพ : กรณีศึกษากระบวนการสู่ความสำเร็จในการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการใหม่ พบว่า กระบวนการที่เอื้อต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการประกอบด้วย การตั้งเป้าหมาย การประเมินศักยภาพ การวางแผนและการเตรียมตัวความพร้อม การศึกษาหาข้อมูล การค้นหาคำแนะนำ บริหารจัดการเวลา การดูแลสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจให้มีความพร้อมสมบูรณ์ การตระหนักรู้ถึงบทบาทในหน้าที่บุคลากรสายวิชาการ การได้รับการยอมรับนับถือในอาชีพบุคลากรสายวิชาการ ความต้องการรายได้ ซึ่งสอดคล้องกับฉลอง สุขทองและ ศิรินทิพย์ ไตรเกษม(2561) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ด้านปัจจัยจูงใจในประเด็นย่อย พบว่า ตำแหน่งทางวิชาการสะท้อนถึงความรู้ความสามารถและความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาของท่าน มีระดับคะแนนสูงสุดสอดคล้องกับการศึกษาของ

อำนวย มโนวงค์ (2552) พบว่า การเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการเป็นการพัฒนาทักษะทางวิชาการ เป็นการพัฒนาความรู้ ความสามารถของบุคลากรสายวิชาการเป็นเรื่องของความก้าวหน้าและการได้รับการยอมรับ

ส่วนการสนับสนุนจากบุคลากรระดับคณะมีความสัมพันธ์เชิงบวกเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนิตสรา อินทร์เจริญ(2568) ที่ศึกษาเรื่อง การประเมินประสิทธิภาพของการบริหารแนวปฏิบัติการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก พบว่า แนวทางการปฏิบัติในการขอตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการนั้น นอกจากบุคลากรสายวิชาการผู้ขอกำหนดตำแหน่งเองต้องศึกษาแนวทางกฎระเบียบแล้วนั้น การสนับสนุนเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบเพื่ออำนวยความสะดวกสร้างความถูกต้องและความรวดเร็วในการดำเนินงาน ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยในการขอตำแหน่งทางวิชาการให้สำเร็จได้ ชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนใกล้ชิดในระดับหน่วยงานมีความสำคัญต่อการผลักดันบุคลากรสายวิชาการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ

ส่วนลักษณะของงานมีความสัมพันธ์เชิง**ลบ** ซึ่งส่งผลลดโอกาสความสำเร็จลงนั่น อาจอธิบายได้ว่าต่อให้บุคลากรสายวิชาการจะมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงเพียงใด แต่หากหน้างานจริงในแต่ละวันต้องแบกรับภาระงานสอนที่แน่นหนา (Teaching Load) และงานเอกสารประเมินผลที่ซ้ำซ้อน อุปสรรคเชิงลักษณะงานนี้จะกลายเป็นตัวขัดขวาง (Barrier) ที่มีอิทธิพลหักล้างแรงจูงใจภายใน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สมพิศ สุขแสน (2558) ที่พบว่า บุคลากรสายวิชาการผู้สอนร้อยละ 93.10 ต้องปฏิบัติหน้าที่อื่นนอกเหนือจากภาระงานสอน จึงไม่มีเวลาในการทำผลงานทางวิชาการ ทั้ง ๆ ที่บุคลากรสายวิชาการมีความเต็มใจที่จะทุ่มเทความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของกรรณิการ์ กงแก้ว (2551) ที่ได้ศึกษาความต้องการพัฒนาบุคลากรของบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น พบว่า ความต้องการในการเข้าสู่ตำแหน่งของบุคลากรสายวิชาการคือ มหาวิทยาลัยควรเปิดโอกาสให้บุคลากรสายวิชาการลาไปทำวิจัย หรือเขียนตำรา เพื่อจะได้ผลงานที่มีคุณภาพ

และการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัย มีความสัมพันธ์เชิงลบ ซึ่งส่งผลลดโอกาสความสำเร็จลงนั่น เมื่อพิจารณาเชิงลึกร่วมกับบริบทจริงได้ว่า มาตรการจากส่วนกลางของมหาวิทยาลัยฯในปัจจุบันมักออกมาในรูปแบบของข้อบังคับ กฎระเบียบ รวมทั้งนโยบายหรือแผนส่งเสริมให้บุคลากรเข้าตำแหน่งยังไม่ชัดเจน วัฒนธรรมองค์กร และค่านิยมของมหาลัยกับการให้ความสำคัญในการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการระยะเวลาในการดำเนินการพิจารณาขอตำแหน่งของมหาวิทยาลัยยังไม่มีความเหมาะสม ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ จันทนันท์ จารุโณปถัมภ์ และสัญญา เคณาภูมิ (จันทนันท์ จารุโณปถัมภ์ และสัญญา เคณาภูมิ, 2558: 211) พบว่า แนวทางการส่งเสริมและสนับสนุนบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามเพื่อเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการในระดับที่สูงขึ้น พบว่า มี 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ (1) ด้านผู้ขอตำแหน่งทางวิชาการ ได้แก่ แรงบันดาลใจของบุคลากร ความเข้าใจถึงกลไกการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ความกล้าที่จะยื่นขอตำแหน่งทางวิชาการ ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลการวิชาการ และ การวางกลยุทธ์การก้าวเดินเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของตนเอง และ (2) ด้านหน่วยงานสนับสนุน ควรดำเนินการโดยการกำหนดกลยุทธ์การกลยุทธ์ส่งเสริมและสนับสนุนให้ชัดเจนหวังผล (Strategybased on Results) โดยอาจมีทั้งเชิงบวก (Positive) เช่น ระบบพี่เลี้ยง ระบบการเสริมแรงเป็นต้น นอกจากนั้นอาจมีระบบกดดัน (Negative) เช่น การสร้างแรงกดดันทางการบริหารหรือทางสังคม เป็นต้นว่ากำหนดระยะเวลาของการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ซึ่งอาจ

จัดทำในรูปแบบเส้นทางความก้าวหน้าในการประกอบอาชีพ (Career Path) โดยการบูรณาการเข้ากับการประเมินศักยภาพการปฏิบัติงานของบุคลากร

จากผลการวิจัย ผู้บริหารมหาวิทยาลัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาระบบสนับสนุนบุคลากรสายวิชาการในระดับคณะอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านคำปรึกษา การติดตามความก้าวหน้า และการเอื้ออำนวยต่อการจัดทำผลงานทางวิชาการ ควรออกแบบมาตรการที่ช่วยลดข้อจำกัดจากลักษณะงาน เช่น การบริหารภาระงาน การจัดสรรเวลาเพื่อการวิจัย และการสร้างระบบพี่เลี้ยงทางวิชาการสำหรับผู้ที่กำลังเตรียมขอกำหนดตำแหน่ง นอกจากนี้ ควรทบทวนรูปแบบการส่งเสริมจากระดับมหาวิทยาลัยให้มีความสอดคล้องกับความต้องการจริงของบุคลากรสายวิชาการ และเชื่อมโยงกับการสนับสนุนในระดับคณะ และมหาวิทยาลัยอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ควรมีการอธิบายการใช้งานโมเดลในบริบทอื่นๆ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรเพิ่มตัวแปรด้านภาระงานวิจัย ภาระงานสอน ผลงานตีพิมพ์ และประสบการณ์การยื่นขอตำแหน่งทางวิชาการ เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายผลลัพธ์ได้รอบด้านยิ่งขึ้นควรพิจารณาแยกผลลัพธ์ออกเป็นหลายระดับ เช่น ยังไม่ยื่น อยู่ระหว่างยื่น ไม่ผ่าน และผ่านการแต่งตั้ง เพื่อให้การวัดผลลัพธ์สอดคล้องกับความหมายของ “ความสำเร็จในการขอกำหนดตำแหน่ง” มากขึ้น อีกทั้งควรมีการรายงานผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลอย่างครบถ้วนในบทผลการวิจัย เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ของการนำเสนอผลวิเคราะห์

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund:FF) (R2R) ประจำปีงบประมาณ 2569 RMUTL-IRB 202/2025

7. เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ กงแก้ว. (2551). *ความต้องการพัฒนาบุคลากรของบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น.

ฉลอง สุขทอง และ ศิรินทิพย์ ไตรเกษม. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 12(2), 45-58.

จันทนันท์ จารุโณปถัมภ์ และ สัญญา เคณาภูมิ. (2558). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. *วารสารรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 4(2), 208-231.

ฐิตาภา ทองไชย. (2562). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี* (รายงานการวิจัย). ปทุมธานี: กองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ฐิตาภา ทัพวงศ์. (2564). *การพัฒนาความก้าวหน้าในอาชีพ: กรณีศึกษากระบวนการสู่ความสำเร็จในการเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรสายวิชาการใหม่* (ปริญญานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นิตสรา อินทร์เจริญ. (2568). การประเมินประสิทธิภาพของการบริหารแนวปฏิบัติการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก. *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*, 19(1), 74-88.

ปัณณวัฒน์ งามแสง และคณะ. (2563). ปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าสู่ตำแหน่งวิชาการของบุคลากรสายวิชาการในยุคไทยแลนด์ 4.0 มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. *วารสาร มมร วิชาการล้านนา*, 9(2), 24–32.

ราชกิจจานุเบกษา. (2562). พระราชบัญญัติการอุดมศึกษา พ.ศ. 2562.

สมพิศ สุขแสน. (2558). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำผลงานทางวิชาการของอาจารย์มหาวิทยาลัย* (รายงานการวิจัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2549). *การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์* (พิมพ์ครั้งที่ 16). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำนวย มโนวงค์. (2552). *แรงจูงใจในการผลิตผลงานทางวิชาการของอาจารย์มหาวิทยาลัย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Green, S. B. (1991). How many subjects does it take to do a regression analysis?. *Multivariate Behavioral Research*, 26(3), 499-510.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2018). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Hsieh, F. Y., Bloch, D. A., & Larsen, M. D. (1998). A simple method of sample size calculation for linear and logistic regression. *Statistics in Medicine*, 17(14), 1623-1634.

Ogundimu, E. O., Altman, D. G., & Collins, G. S. (2016). Adequate sample size for exponential risk models in medical research with focus on binary logistic regression. *BMC Medical Research Methodology*, 16(1), 1-12.

Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T. R., & Feinstein, A. R. (1996). A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(12), 1373-1379.

Thompson, M., Research, K., & Davis, L. (2023). Structural tension and policy implications in the academic promotion process within applied sciences universities. *Higher Education Policy Review*, 41(3), 304-321.

Vittinghoff, E., & McCulloch, C. E. (2007). Relaxing the rule of ten events per variable in logistic and Cox regression. *American Journal of Epidemiology*, 165(6), 710-718.

Yamane, T. (1973). *Statistic: An introductory analysis* (3rd ed.). New York: Harper and Row.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

ผลของการเตรียมมะม่วงและอัตราส่วนมะม่วงต่อน้ำต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงหมักและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่นจากมะม่วง

เบญจวรรณ ปาพันธ์[1] ทักษ์ดนัย แก้วมา กฤษดาภรณ์ ฟองเขียว อนงค์ อัสนีจันทรา นิอร โฉมศรี และพยุงศักดิ์ มะโนชัย[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เลขที่ 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000
[1*] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เลขที่ 202 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

*benjawan.papun@gmail.com; pk_manochai@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนากระบวนการผลิตแอลกอฮอล์จากผลไม้เป็นแนวทางหนึ่งในการยกระดับคุณภาพและเพิ่มมูลค่าผลผลิตการเกษตร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการเตรียมมะม่วงพันธุ์จินหงส์ที่แตกต่างกันต่อการหมักและการกลั่นให้เกิดแอลกอฮอล์ กำหนดปัจจัยศึกษา คือ การปอกเปลือกมะม่วงจำนวน 2 ระดับ ได้แก่ ปอกเปลือก และไม่ปอกเปลือก และอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำจำนวน 2 ระดับ ได้แก่ 2:8 และ 3:7 นำมะม่วงที่เตรียมได้ไปปรับคุณภาพซับสเตรต เติมกล้าเชื้อยีสต์ และหมักนาน 14 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแอลกอฮอล์จากการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการไม่ปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 2:8 ทำให้ได้ผลิตผลจากการหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 3:7 เมื่อนำผลผลิตจากการหมักแอลกอฮอล์ไปกลั่น พบว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลผลิตที่ได้จากการกลั่นด้วยเช่นกัน โดยการปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 2:8 ทำให้ได้ผลิตผลจากการกลั่นที่มีคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นมะม่วง และการยอมรับรวมดีกกว่าการไม่ปอกเปลือกมะม่วงและการใช้อัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 3:7 ในกระบวนการหมัก ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและควบคุมกระบวนการหมักแอลกอฮอล์สำหรับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้ในอนาคต

คำสำคัญ: มะม่วง การหมัก การกลั่น แอลกอฮอล์

Effects of Mango Preparation and Mango–to–Water Ratio on the Quality of Fermented Mango Juice and the Sensory Quality of Distilled Apple Spirit

Benjawan Papun[1] Thakdanai Kaewma Kritsdaporn Fongkaiw Anong Atsaneechantra Ni–orn Chomsri and Phayungsak Manochai[1*]

[1]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand
[2]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand

*benjawan.papun@gmail.com; pk_manochai@rmutl.ac.th

Abstract

The development of fruit–based alcoholic beverages represents an effective strategy for enhancing product quality while increasing the value of agricultural produce. This study investigated the effects of different mango (Jin Hong cultivar) preparation methods on the fermentation and distillation processes for alcohol production. The experimental factors included two peeling treatments (peeled and unpeeled fruit) and two mango–to–water ratios (2:8 and 3:7, w/w). Following preparation, the fermentation substrate was adjusted to the desired composition, inoculated with a yeast starter culture and fermented for 14 days. The results demonstrated that both the mango preparation methods and the mango–to–water ratios significantly influenced the alcohol content of the fermented mash ($p \leq 0.05$). Fermentation of unpeeled mango at a mango–to–water ratio of 2:8 produced a significantly higher alcohol content than that of peeled mango at a ratio of 3:7. In addition, these processing factors significantly affected the sensory attributes of the distilled spirit ($p \leq 0.05$). Distillates produced from peeled mango with a mango–to–water ratio of 2:8 received significantly higher scores for aroma, characteristic mango flavor, and overall acceptability than those produced from unpeeled mango with a mango–to–water ratio of 3:7. These findings provide valuable insights into the influence of raw material preparation on alcohol production from mango and offer practical guidance for optimizing fermentation and distillation processes for mango as well as other fruit–based alcoholic beverages.

Keywords: Mango, fermentation, distillation, alcohol

1. บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การผลิตมะม่วงของเกษตรกรโดยทั่วไปพบว่า มีผลมะม่วงตกเกรดที่มีขนาดผลเล็กหรือผลมะม่วงที่เปลือกมีตำหนิทำให้จำหน่ายได้ในราคาต่ำ และมีบางส่วนที่ต้องคัดออกทิ้งไป จากแนวคิดการใช้ทรัพยากรผลผลิตทางการเกษตรให้เกิดมูลค่าสูงสุด และการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการนำผลผลิตตกเกรดและของเหลือจากการแปรรูปผลไม้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงเพื่อลดการสูญเสียอาหาร เช่น การใช้เปลือกมะม่วง เมล็ดมะม่วง หรือเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Owino & Ambuko, 2021; Khalid et al., 2025; Mongkontanawat & Prapaiwong, 2024) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามะม่วงเหลือทิ้งยังเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการสร้างมูลค่าเพิ่มสูง การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์จากมะม่วงตกเกรดส่วนนี้ มุ่งเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตทางการเกษตรที่ยังมีคุณภาพสูง แต่มีมูลค่าทางการตลาดต่ำจากข้อจำกัดด้านมาตรฐานการคัดเกรด ด้วยกรรมวิธีการแปรรูปด้วยการหมักตามแบบวิถีภูมิปัญญาชาวบ้านร่วมกับการศึกษาผ่านช่องทางเว็บไซด์ อาจยังไม่ได้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม และเพิ่มรายได้ให้กับผู้ปลูกและผู้แปรรูปจากการใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศและท้องถิ่นเพื่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้าเกษตรในระบบเศรษฐกิจและสังคม ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยผลักดันแนวทางการแก้ไขโจทย์ปัญหาการเพิ่มมูลค่ามะม่วงตกเกรดหรือมะม่วงเกรดรองให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่นำไปสู่ช่องทางการจัดจำหน่ายเชิงพาณิชย์ที่หลากหลาย ตลอดจนสามารถขยายตลาดส่งออกสู่ตลาดใหม่ ๆ ต่อไปได้ในอนาคต ถือเป็นการส่งเสริมการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากมะม่วงแบบครบวงจร ช่วยเพิ่มสมรรถการแข่งขันและสนับสนุนให้กับผู้ผลิตและผู้แปรรูปมะม่วงให้มีโอกาสขยายตลาดให้กว้างเพิ่มมากขึ้น ตลอดจนสนับสนุนการสร้างความพร้อมและเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันของอุตสาหกรรมเกษตรได้อย่างยั่งยืน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาพัฒนากระบวนการหมักและกลั่นแอลกอฮอล์จากมะม่วง เพื่อให้ได้กระบวนการผลิต สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้ได้ในการผลิตทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก รวมถึงใช้เป็นข้อมูลพัฒนาวิจัยต่อยอดที่เป็นประโยชน์ต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด

ในกระบวนการหมักและการกลั่น กระบวนการเตรียมวัตถุดิบนับเป็นขั้นตอนสำคัญ เนื่องจากวัตถุดิบเป็นแหล่งคาร์บอนและสารอาหารหลักที่ยีสต์ใช้ในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ผ่านกระบวนการหมัก คุณสมบัติของวัตถุดิบทั้งด้านองค์ประกอบทางเคมี ความเข้มข้นของน้ำตาล และการมีสารอาหารที่เหมาะสม ล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญของจุลินทรีย์และผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ ดังนั้น การศึกษาแนวทางการใช้ซับสเตรตจากแหล่งธรรมชาติที่มีศักยภาพเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการหมัก จึงเป็น

ประเด็นที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมักและการกลั่น ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก และขนาดย่อม

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่อาศัยจุลินทรีย์ โดยเฉพาะยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ในการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน กระบวนการดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม โดยประยุกต์ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หลายชนิด ได้แก่ เบียร์ ไวน์ วอดก้า วิสกี้ และบรั่นดี รวมถึงการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ขนมปัง เพื่อช่วยให้แป้งเกิดการขึ้นฟู (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2565)

ในการผลิตไวน์ การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการหมักและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้กล้าเชื้อเชิงพาณิชย์ของ *Saccharomyces cerevisiae* ช่วยเพิ่มความปลอดภัย ความเสถียรทางจุลชีววิทยา และความสามารถในการควบคุมกระบวนการหมักให้มีความสม่ำเสมอ สามารถผลิตซ้ำได้ ลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ และลดความสูญเสียจากกระบวนการหมักที่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตไวน์จากผลไม้หลากหลายชนิด (Cosme et al., 2024; He et al., 2024) นอกจากนี้ อัตราส่วนของวัตถุดิบผลไม้ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการหมักและคุณภาพของไวน์ผลไม้ โดยงานวิจัยการผลิตไวน์สละได้ศึกษาผลของปริมาณเนื้อผลไม้และสายพันธุ์ยีสต์ โดยใช้เนื้อสละ 100, 250 และ 500 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ร่วมกับยีสต์ Saccharomyces cerevisiae สายพันธุ์ K1-V1116 และ EC-1118 พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อผลไม้ช่วยเร่งการหมักและเพิ่มการสร้างแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตาม การกำหนดสัดส่วนเนื้อผลไม้ที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อการสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพการหมัก คุณภาพทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (เบญจมาศ และคณะ, 2568)

สำหรับการผลิตสุรากลั่น (distilled spirits) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องจากการหมัก โดยประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การผลิตของเหลวหมักที่มีเอทานอลและสารประกอบให้กลิ่นรส จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอลกอฮอล์และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แม้ว่าสุรากลั่นจะมีสัดส่วนการบริโภคประมาณร้อยละ 50 ของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทั่วโลก แต่ยังมีการศึกษาวิจัยน้อยกว่าไวน์และเบียร์ เนื่องจากกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการควบคุมทั้งกระบวนการหมักและการกลั่น อุตสาหกรรมสุรากลั่นจึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ควบคุมคุณภาพ และพัฒนาคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น (Cosme et al., 2024) การผลิตไวน์และสุรากลั่นจากผลไม้เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะผลไม้ตกเกรดหรือผลผลิตส่วนเกินที่มีข้อจำกัดด้านการตลาด งานวิจัยของ Reyes (2020) รายงาน

การผลิตไวน์และสุรากลั่นจากมะม่วงตกเกรด โดยปรับปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นให้อยู่ในช่วง 17–19 °Brix ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 3.5–4.0 และใช้ยีสต์สำหรับการหมักจนเกิดแอลกอฮอล์ ก่อนนำของเหลวหมักไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อผลิตสุรากลั่นมะม่วง ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส อีกทั้งกระบวนการดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตแอลกอฮอล์ต่อมวลวัตถุดิบ ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตมะม่วงและอุตสาหกรรมอาหาร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมมะม่วงและการตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ

นำมะม่วงคัดแยก ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกแล้วคัดส่วนที่เสียออก จากนั้นทำการหั่นเป็นชิ้น ตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี โดย วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ปริมาณกรดทั้งหมด โดยใช้วิธีการไตรเตรท (Kirk และ Sawyer, 1991) โดยคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้แฮนด์รีแฟรคโตมิเตอร์ (Hand refractometer)

3.2 การศึกษากระบวนการหมักน้ำมะม่วงให้เกิดแอลกอฮอล์และการกลั่น

ศึกษากระบวนการหมักมะม่วงให้เกิดแอลกอฮอล์และการกลั่น ทำโดยกำหนดวิธีการเตรียมวัตถุดิบมะม่วงเพื่อเตรียมน้ำหมักและการกลั่น วางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in CRD (Completely Randomized Design) ในการวิเคราะห์ทางด้านเคมี และ 2x2 factorial in CRD (Completely Randomized Design) ในการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ปัจจัยที่ศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ การปอกเปลือกมะม่วง (ปัจจัย A) แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ/ระดับ คือปอกเปลือก และไม่ปอกเปลือก และอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำ (ปัจจัย B) คือ 2:8 และ 3:7 การเตรียมเนื้อมะม่วง ทำโดยนำมะม่วงมาคัดเลือก ล้าง ทำความสะอาด ปอกเปลือก/ไม่ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นตามสิ่งทดลองที่กำหนด เติมน้ำตามแผนการศึกษา (ตารางที่ 1) แล้วปรับน้ำตาลปริมาณให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 18 องศาบริกซ์ เติมกล้าเชื้อยีสต์ หมักนาน 14 วัน แยกส่วนใส แล้วนำไปกลั่น วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ 9–point hedonic scales ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกจำนวน 30 คน (Meilgaard และคณะ, 2006)

ตารางที่ 1 สิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษา

No.	Mango peeling	Mango: Water	Code
1	Without peel	2:8	WOP2:8
2	Without peel	3:7	WOP3:7
3	With peel	2:8	WP2:8
4	With peel	3:7	WP3:7

3.4 การวางแผนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษา แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (analysis of variance) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple's range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$)

4. ผลการวิจัย

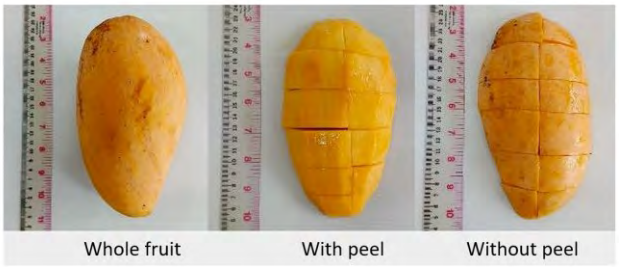
4.1 คุณภาพวัตถุดิบ

มะม่วงที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้ เป็นมะม่วงพันธุ์จินหงส์ที่ได้จากพื้นที่ปลูกของจังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกผลที่ปราศจากโรคและแมลง มีระดับความสุกเต็มที่ เนื้อมะม่วงพันธุ์จินหงส์สุกมีสีเหลืองออกส้ม ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของมะม่วงพันธุ์จินหงส์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบพบว่า มะม่วงที่ปอกเปลือกแล้วมีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แตกต่างกันเล็กน้อย โดยพบว่า มะม่วงที่มีส่วนของเปลือกมีค่าพีเอชสูงกว่ามะม่วงที่ปอกเปลือกแล้ว ในขณะที่มะม่วงที่มีส่วนของเปลือกมีปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่ามะม่วงที่ปอกเปลือกแล้ว เมื่อคำนวณหาอัตราส่วนค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (^{o}Brix/acid ratio) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงรสชาติหวานและเปรี้ยวพบว่า มะม่วงส่วนที่ปอกเปลือกมีค่าเท่ากับ 67.85 และมะม่วงส่วนที่มีเปลือกมีค่าเท่ากับ 68.33

4.2 การหมักน้ำมะม่วงให้เกิดแอลกอฮอล์และการกลั่น

การศึกษาวิธีการเตรียมวัตถุดิบมะม่วงเพื่อเตรียมน้ำหมักและการกลั่น โดยกำหนดปัจจัยศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ การปอกเปลือกมะม่วงแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ปอกเปลือก และไม่ปอกเปลือก และอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ 2:8 และ 3:7 (รูปที่ 1) พบว่า ผลิตผลที่ได้จากการหมักมีคุณภาพทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลิตผลที่หมักได้มีค่าเฉลี่ยพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตผลที่ได้จากการหมักมะม่วงทั้ง 4 สิ่งทดลอง อยู่ระหว่าง 3.54-3.67 ร้อยละ 0.38-0.68 5.00-6.00 องศาบริกซ์ และร้อยละ 9.45-10.50 (v/v) ตามลำดับ โดยพบว่า การปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำ เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้พารามิเตอร์คุณภาพทางเคมีที่ตรวจวิเคราะห์ในการทดลองครั้งนี้ เมื่อกำหนดปริมาณแอลกอฮอล์เป็นพารามิเตอร์สำคัญในการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์เพื่อนำไปใช้ในการกลั่นในลำดับต่อไป ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์แสดงให้เห็นถึงสิ่งทดลองที่ 1-3 (WOPx 2:8 WOPx 3:7 และ WP x 2:8) มีค่าของปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตผลที่ได้จากการหมักไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้สามารถกล่าวได้ว่า รูปแบบการเตรียมมะม่วงในลักษณะที่ไม่ปอกเปลือก และอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 2:8 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการหมักมะม่วงสายพันธุ์จินหงส์เพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์ เนื่องจากอัตราการใช้วัตถุดิบในปริมาณที่น้อยกว่าและมี

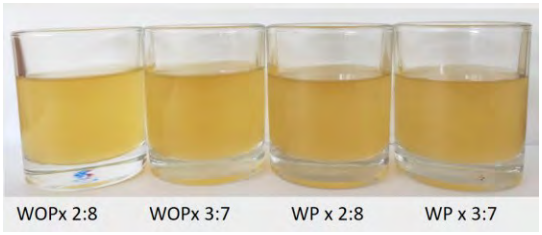
กระบวนการเตรียมที่ซับซ้อนน้อยกว่า อีกทั้งให้ปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น ($p > 0.05$)



a



b



c



d

รูปที่ 1 ลักษณะของมะม่วงพันธุ์จินหงส์ที่ใช้ในการทดลอง (a) น้ำหมักเริ่มต้นที่ใช้ในการหมัก (b) ผลิตผลที่ได้จากการหมัก (c) และผลิตผลที่ได้จากการกลั่น (d)

ตารางที่ 2 ผลของวิธีการเตรียมมะม่วงที่มีต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตผลที่ได้จากการหมักให้ เกิดแอลกอฮอล์

Factor	pH	TA (%)	TSS (°Brix)	Alcohol (%)
A: Mango peeling	*	*	*	*
A1= without peel (WOP)	3.64±0.04^{a}	0.39±0.02^{b}	5.20±0.23^{b}	10.45±0.09^{a}
A2= with peel (WP)	3.59±0.05^{b}	0.60±0.09^{a}	5.60±0.46^{a}	9.90±0.55^{b}
B: Mango:water ratios	*	*	*	*
B1=2:8	3.57±0.03^{b}	0.45±0.08^{b}	5.10±0.11^{b}	10.37±0.05^{a}
B2=3:7	3.66±0.01^{a}	0.54±0.16^{a}	5.70±0.34^{a}	9.97±0.64^{b}
AxB	*	*	*	*
WOPx 2:8	3.60±0.00^{c}	0.38±0.03^{c}	5.00±0.00^{d}	10.40±0.00^{a}
WOPx 3:7	3.67±0.00^{a}	0.40±0.00^{c}	5.40±0.00^{b}	10.50±0.14^{a}
WP x 2:8	3.54±0.00^{d}	0.52±0.02^{b}	5.20±0.00^{c}	10.35±0.07^{a}
WP x 3:7	3.64±0.00^{b}	0.68±0.00^{a}	6.00±0.00^{a}	9.45±0.35^{b}

TA=Total acidity, TSS=Total soluble solid content

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การนำผลผลิตที่ได้จากการหมักไปกลั่น พบว่า ผลิตผลที่ได้จากการกลั่นมีลักษณะใส (รูปที่ 1) มีกลิ่นของมะม่วงและแอลกอฮอล์ที่ชัดเจน การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านด้วยการประเมินคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.46-7.66 คะแนน ในขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นมะม่วง และความชอบรวมของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.93-6.93 5.06-6.80 และ 5.26-7.03 คะแนน เมื่อพิจารณาสิ่งทดลองทั้ง 4 ตัวอย่าง (ปฏิกิริยาสัมพันธ์) พบว่า สิ่งทดลองที่ 1-3 (WOPx 2:8 WOPx 3:7 และ WP x 2:8) ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นโดยรวม กลิ่นมะม่วง และความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 ผลของวิธีการเตรียมมะม่วงที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตผลที่ได้จากการกลั่น

Factor	Appearance	Odor	Mango Odor	Overall preference
A: Mango peeling	ns	*	*	*
A1= without peel (WOP)	7.56±0.78	6.83±1.31[a]	6.73±1.07[a]	6.95±0.99[a]
A2= with peel (WP)	7.53±0.72	5.93±1.71[b]	5.80±1.63[b]	6.06±1.37[b]
B: Mango:water ratios	ns	*	*	*
B1=2:8	7.61±0.73	6.93±1.27[a]	6.60±1.10[a]	6.95±0.92[a]
B2=3:7	7.48±0.77	5.83±1.68[b]	5.93±1.67[b]	6.06±1.42 [b]
AxB	ns	*	*	*
WOPx 2:8	7.66±0.76	6.93±1.25[a]	6.66±0.84[a]	7.03±0.96[a]
WOPx 3:7	7.50±0.82	6.73±1.38[a]	6.80±1.27[a]	6.86±1.04[a]
WP x 2:8	7.60±0.72	6.93±1.31[a]	6.53±1.33[a]	6.86±0.89[a]
WP x 3:7	7.46±0.73	4.93±1.48[b]	5.06±1.59[b]	5.26±1.31[b]

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. สรุปและอภิปรายผล

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของมะม่วงพันธุ์จินหงส์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบพบว่า มะม่วงที่ไม่ผ่านการปอกเปลือกและมะม่วงที่ผ่านการปอกเปลือกมีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกัน ซึ่งน่าจะอธิบายได้จากส่วนประกอบที่แตกต่างกันของมะม่วงมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน (Lenucci et al., 2022) ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของวัตถุดิบหรือรูปแบบการเตรียมวัตถุดิบที่นำไปใช้เป็นซับสเตรตในการหมักมีความแตกต่างกัน และสามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผลที่ได้จากการหมักเช่นกัน ปริมาณแอลกอฮอล์เป็นพารามิเตอร์สำคัญอันหนึ่งในการหมักด้วยยีสต์ (Walker and Stewart, 2016; Ji et al., 2026) ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตผลที่ได้จากการหมักมะม่วงทั้ง 4 สิ่งทดลองในการศึกษานี้ แสดงถึงปัจจัยศึกษา ได้แก่ การปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อที่ส่งผลต่อต่อความแตกต่างกันของปริมาณแอลกอฮอล์ที่พบอยู่ในผลิตผลที่ได้จากการหมักมะม่วง โดยน่าจะอธิบายได้จากส่วนประกอบในส่วนของเนื้อและเปลือกของมะม่วงที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายและแตกต่างกัน (Wongkaew et al., 2021; Lenucci et al., 2022) ซึ่งสารประกอบต่าง ๆ นี้ ก็มีผลช่วยส่งเสริมการเจริญของยีสต์ให้เจริญและสามารถหมักมะม่วงให้เกิดแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเตรียมมะม่วงมีอิทธิพลต่อผลิตผลจากการหมักที่มีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกัน นอกจากนี้

รูปแบบของการปอกเปลือกและปอกเปลือกมะม่วงยังมีผลต่อลักษณะของการหมักอีกด้วย โดยสภาวะการหมักที่หมักพร้อมเนื้อมะม่วงในการศึกษานี้ ทำให้เกิดการลอยตัวของส่วนเนื้อของมะม่วงที่ผิวหน้าระหว่างการหมัก คล้ายกับการหมักไวน์จากองุ่นแดง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความปรวนแปรของระบบการหมักทั้งด้านจุลินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี (Ribéreau-Gayon Ribéreau-Gayon et al., 2006) จนอาจส่งผลถึงการจำกัดการเจริญและการหมักของยีสต์จึงส่งผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ตามผลการศึกษาที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ร่วมกับการกลั่น ปัจจัยด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากการหมักและปริมาณของแอลกอฮอล์ที่พบในผลิตผลจากการกลั่นถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงในเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพัฒนาและประเมินคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากการกลั่น

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า วิธีการเตรียมมะม่วงพันธุ์จินหงส์ที่แตกต่างกันในการหมักและการกลั่นแอลกอฮอล์ ส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตจากการหมักและการหมักที่แตกต่างกัน โดยพบว่า การไม่ปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 2:8 ทำให้ได้ผลิตผลจากการหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 3:7 ในขณะที่การปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 2:8 ทำให้ได้ผลิตผลจากการกลั่นที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดีกว่าการปอกเปลือกมะม่วงและอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อน้ำที่ระดับ 3:7 ผลการศึกษานี้ ถือเป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนากระบวนการหมักและการกลั่นแอลกอฮอล์จากผลไม้เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตการเกษตร

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนด้านต่างๆ ในการศึกษาทดลองครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ เชียรศิลป์, อภิสรา เอียดเจริญ, และ รัตนพรรณ ภูมิไชยา. (2568). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์เมล่อนและการหมักแบบกะชั้น. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 43(1), 29–37

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, & นิธิยา รัตนาปนนท์. (2555). *Fermentation*. Food Network Solution. สืบค้นวันที่ 25 มีนาคม 2567 จาก www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0316/fermentation

Cosme, F., Nunes, F. M., & Filipe-Ribeiro, L. (2024). Winemaking: Advanced technology and flavor research. *Foods*, 13(12), https://doi.org/10.3390/foods13121937

He, L., Yan, Y., Wu, M., & Ke, L. (2024). Advances in the quality improvement of fruit wines: A review. *Horticulturae*, 10(1), https://doi.org/10.3390/horticulturae10010093

Ji, M., Gong, J., Liu, Z., Liu, X., Wang, X., Ao, C., & Tan, J. (2026). Multi-omics investigation of microbial community dynamics and metabolic regulation in mulberry wine fermentation

under temperature and acid stress. *Food Microbiology*, 137, 105022. https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.105022

Khalid, W., Rasool, I. F. u., Arshad, M. S., & Javed, M. (2025). Recent advances in the production and utilization of mango as a health concern. *IntechOpen*. https://doi.org/10.5772/intechopen.113172

Kirk, R., & Sawyer, R. (1991). *Pearson's composition and analysis of foods*. Longman Scientific & Technical.

Lenucci, M. S., Tornese, R., Mita, G., & Durante, M. (2022). Bioactive compounds and antioxidant activities in different fractions of mango fruits (Mangifera indica L., cultivar Tommy Atkins and Keitt). *Antioxidants*, 11(3), 484. doi.org/10.3390/antiox11030484

Meilgaard, H., Civille, G.V. and Carr, B.T. (2006). *Sensory evaluation techniques*. CRC Press. Boca Raton.

Mongkontanawat, N., & Prapaiwong, T. (2024). Vinegar production from pickled mango peel waste. *International Journal of Agricultural Technology*, 20(6), 2423–2434.

Owino, W. O., & Ambuko, J. L. (2021). Mango fruit processing: Options for small-scale processors in developing countries. *Agriculture*, 11(11), https://doi.org/10.3390/agriculture11111105

Reyes, G. G. (2020). Mango wine production, by an easy fermentation and distillation procedure, using the surplus or rejected fruit, produced in Sinaloa, Mexico. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 23(3), 40-48.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2006). *Handbook of enology: Volume 1. The microbiology of wine and vinifications (2nd ed.).* John Wiley & Sons.

Walker, G. M., & Stewart, G. G. (2016). Saccharomyces cerevisiae in the production of fermented beverages. Beverages, 2(4), Article 30. doi:10.3390/beverages2040030

Wongkaew, M., Chaimongkol, P., Leksawasdi, N., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., Seesuriyachan, P., Phimolsiripol, Y., Chaiyaso, T., Ruksiriwanich, W., Jantrawut, P., & Sommano, S. R. (2021). Mango peel pectin: Recovery, functionality and sustainable uses. *Polymers*, 13(22), 3898. https://doi.org/10.3390/polym13223898

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การยกระดับคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของสาโท โดยใช้ลำไยร่วมในกระบวนการหมัก

ปัทมา ไทยอู่[1] เบญจวรรณ ปาพันธ์[1] ทัศน์ทัย ฟองจ้อน[1] ธเนศ รินพรม[1]
รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา[2] นิอร โฉมศรี[2] และพยุงศักดิ์ มะโนชัย[2*]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เลขที่ 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000
[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เลขที่ 202 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000
E-mail: pk_manochai@rmutl.ac.th; patthamathaiou2@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตสาโทโดยใช้ลำไยแห้งและลำไยสดเป็นซับสเตรตร่วมในกระบวนการหมัก รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีระหว่างการหมัก และประเมินคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของสาโทที่ผลิตได้ โดยเปรียบเทียบการใช้ลำไยแห้งร้อยละ 0.4 และ 0.7 ร่วมกับลำไยสดร้อยละ 2.0 และ 3.0 เป็นซับสเตรตในการหมัก ผลการศึกษาพบว่า ในระหว่างกระบวนการหมัก ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาโทที่ผลิตได้มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 70.30–86.18 0.56–1.34 และ 8.13–13.68 ตามลำดับ โดยปริมาณลำไยแห้งและลำไยสดที่ใช้เป็นซับสเตรตร่วมส่งผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของสาโทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ การเพิ่มปริมาณของลำไยมีแนวโน้มทำให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของสาโทเพิ่มสูงขึ้น ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.60–3.74 0.40–0.43 กรัมต่อลิตร 10.10–11.20 องศาบริกซ์ และร้อยละ 10.00–12.20 (v/v) ตามลำดับ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า รูปแบบของลำไยที่ใช้เป็นซับสเตรตร่วมมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสาโท โดยสาโทที่ใช้ลำไยแห้งเป็นซับสเตรตร่วมได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าสาโทที่ใช้ลำไยสดเป็นซับสเตรตร่วม อย่างไรก็ตาม การใช้ลำไยแห้งในปริมาณร้อยละ 0.4 และ 0.7 ให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน รสขม รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน โดยได้รับการยอมรับในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ลำไยแห้งเป็นซับสเตรตร่วมในการผลิตสาโทสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพด้านสีและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้

คำสำคัญ: สาโท ไวน์ข้าว ลำไย ซับสเตรตร่วม การหมัก

Enhancing Satho Quality and Sensory Attributes through Longan Co-Fermentation

Patthama Thaiou[1] Benjawan Papun[1] Tusanai Fongjon[1] Tanet Rinprom[1]
Rattanapol Panomwan Na Ayutthaya[2] Ni–orn Chomsri[2] and Phayungsak Manochai[2*]
[1]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand
[2]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand

Abstract

This research aimed to develop a Satho (Thai rice wine) production process using dried and fresh longan as co-substrates during fermentation. The study investigated changes in the chemical properties throughout fermentation and the chemical and sensory qualities of the resulting Satho. Satho was fermented with dried longan at levels of 0.4% and 0.7% and fresh longan at levels of 2.0% and 3.0% as co-substrates. During fermentation, pH, total soluble solids, and reducing sugar contents decreased, whereas total acidity and alcohol content increased. The resulting Satho samples exhibited average color values of L* (lightness), a* (red–green), and b* (yellow–blue) ranging from 70.30 to 86.18, -0.56 to 1.34, and 8.13 to 13.68, respectively. The use of different forms and concentrations of longan significantly affected the a* and b* color values of the Satho samples ($p \leq 0.05$). Increasing the amount of longan tended to enhance the red and yellow color intensity of the rice wine. The Satho samples had average pH, total acidity, total soluble solids, and alcohol content ranging from 3.60–3.74, 0.40–0.43 g/L, 10.10–11.20 °Brix, and 10.00–12.20% (v/v), respectively. Sensory evaluation indicated that the form of longan used as a co-substrate influenced the sensory characteristics of the rice wine. Satho samples fermented with dried longan received higher preference scores than that fermented with fresh longan. No significant differences were observed in the preference scores of rice wine fermented using dried longan as a co–substrate at levels of 0.4% and 0.7% for appearance, color, aroma, sweetness, bitterness, overall taste, and overall preference (ratings ranged from slightly liked to moderately liked).

Keywords: Co–substrate, Fermentation, Longan, Satho, Rice wine

1. บทนำ

สาโท (Sato) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของประเทศไทยที่ผลิตจากการหมักข้าวโดยใช้ลูกแป้ง มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกินร้อยละ 15 โดยปริมาตร กระบวนการผลิตประกอบด้วยการหมักข้าว เติมน้ำ และอาจเติมน้ำตาลเพื่อส่งเสริมการหมักจนได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ (ประภัสรา ศิริขันธ์แสง, 2560; สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2567) สาโทจัดเป็นสุราแช่พื้นบ้านที่สะท้อนภูมิปัญญาการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของชุมชนไทย ปัจจุบันภาครัฐส่งเสริมการพัฒนาสุราแช่พื้นเมืองผ่านการปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิต ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของผู้ประกอบการ SMEs ควบคู่กับการผลักดันสินค้า OTOP และนโยบาย Soft Power เพื่อยกระดับมาตรฐาน ความปลอดภัย และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ชุมชน (กรมสรรพสามิต, 2567)

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจและพืชยุทธศาสตร์ที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตหลักและมีศักยภาพด้านการส่งออก ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกลำไยประมาณ 1.25 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวมประมาณ 978,974 ตันต่อปี โดยผลผลิตส่วนหนึ่งใช้บริโภคสด ขณะที่ส่วนที่เหลือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง และเครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567; Yuan et al., 2020) ผลลำไยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเนื้อลำไยสด 100 กรัม ให้พลังงานประมาณ 60 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 15.14 กรัม โปรตีน 1.31 กรัม ไขมัน 0.12 กรัม และใยอาหาร 1.1 กรัม นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินบีรวม และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ซึ่งมีบทบาทต่อกระบวนการทำงานของร่างกาย (Zhang et al., 2020) นอกจากสารอาหารพื้นฐานแล้ว ลำไยยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก เช่น Gallic acid, Ellagic acid และ Corilagin ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ลดความเครียดออกซิเดชัน และมีศักยภาพด้านการต้านการอักเสบและส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Yue et al., 2022) จึงได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ลำไยแห้งเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้รับความนิยม เนื่องจากช่วยลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและเพิ่มมูลค่าผลผลิต กระบวนการอบแห้งทำให้ปริมาณน้ำลดลง ส่งผลให้สารอาหารบางชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โปรตีน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบต่อน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตาม ความร้อนจากกระบวนการอบแห้งอาจส่งผลต่อสารอาหารที่ไวต่อความร้อน เช่น วิตามินซี (Zhu et al., 2023) ทั้งนี้ กระบวนการให้ความร้อนอาจส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกบางชนิด ส่งผลให้ลำไยแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างจากลำไยสด (Hong-in et al., 2021)

ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากลำไยซึ่งเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงเป็นแนวทางอันหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตร

โดยการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์การนำลำไยในรูปแบบสดและแห้งไปใช้เป็นซับสเตรตร่วมในการหมักสาโท ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการหมัก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สาโทในปัจจุบันมุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบเกษตรที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่า (ประภัสรา ศิริขันธ์แสง และคณะ, 2560) และตอบสนองผู้บริโภคยุคใหม่ ลำไยถือเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีน้ำตาลสูง เหมาะสำหรับเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญของยีสต์และการสร้างเอทานอล อีกทั้งยังอุดมด้วยสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ (Zhang et al., 2020; Yue et al., 2022; He et al., 2022) การนำลำไยมาใช้ร่วมในการหมักสาโทจึงเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะลำไยสดและลำไยอบแห้งที่มีปริมาณมากในช่วงฤดูกาลและมักประสบปัญหาผลผลิตล้นตลาด ทั้งนี้ ลำไยอบแห้งนั้นผ่านกระบวนการให้ความร้อนซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการคาราเมลไลเซชัน ส่งผลให้เกิดสารประกอบให้กลิ่นและรสเฉพาะตัว ช่วยเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรส และสีของผลิตภัณฑ์หมัก (Somjai et al., 2021; Tandee et al.; 2021; Yuan et al., 2020) ขณะที่ลำไยสดช่วยคงลักษณะกลิ่นผลไม้และความสดชื่นของผลิตภัณฑ์ การศึกษาการใช้ลำไยสดและลำไยแห้งในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันเป็นซับสเตรตร่วมในกระบวนการหมักสาโทที่เหมาะสมจึงเป็นข้อมูลสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพทางเคมี สารระเหย และลักษณะทางประสาทสัมผัส เพื่อยกระดับสาโทให้มีเอกลักษณ์และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งมีตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

Chan et al. (2020) ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการใส่เชื้อหมักร่วมระหว่าง *Wickerhamomyces anomalus* และ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อคุณภาพและกลิ่นรสของไวน์ข้าว พบว่าการใส่เชื้อตามลำดับ (Sequential co-fermentation) ช่วยใช้น้ำตาลได้สมบูรณ์และให้ปริมาณเอทานอลสูงกว่า ทั้งยังส่งเสริมการสร้างสารระเหยกลุ่มเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ และเทอร์พีน ซึ่งช่วยเพิ่มกลิ่นรสกลมกล่อมและกลิ่นธัญพืชได้ดีกว่าการใส่เชื้อพร้อมกัน จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการยกระดับคุณภาพและสร้างเอกลักษณ์ทางกลิ่นรสให้กับไวน์ข้าว

Tandee et al. (2021) ศึกษาการผลิตไวน์ลำไยโดยนำเมล็ดลำไยมาใช้ร่วมในกระบวนการหมัก เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตลำไยในภาคเหนือของไทย พบว่าการเติมเมล็ดลำไยช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไวน์ลำไยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น การใช้เมล็ดลำไยยังส่งผลต่อองค์ประกอบของสารประกอบระเหยให้กลิ่น ทำให้ไวน์มีกลิ่นรสที่ซับซ้อนและมีเอกลักษณ์มากยิ่งขึ้น

He et al. (2022) ศึกษากระบวนการผลิตไวน์ลำไย และรายงานว่าสภาวะการหมักที่เหมาะสมประกอบด้วยปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นร้อยละ 24 การเติมยีสต์ 0.25 กรัมต่อลิตร ค่าพีเอช เริ่มต้นที่ 6.6 และอุณหภูมิการหมัก 23 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะดังกล่าว ได้ไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 11.5 โดยปริมาตร มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับดี และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (DPPH ร้อยละ 93.75)

นอกจากนี้ ยังตรวจพบสารประกอบพอลิฟีนอลและสารประกอบระเหยหลายชนิด ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อคุณค่าทางชีวภาพและลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

Phovisay et al. (2024) ศึกษาการคัดแยกยีสต์ที่ทนทานต่อแทนนินจากเมี่ยง (ชาหมักพื้นเมืองจากลาว) มาประยุกต์ใช้ในการผลิตไวน์ลำไยเสริมสารสกัดจากเมล็ดลำไย ผลการศึกษาพบว่า ยีสต์ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ C6–3 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการหมักภายใต้สภาวะที่มีแทนนินสูง ช่วยให้กระบวนการหมักสมบูรณ์และส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ ไวน์ลำไยที่ได้มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด จึงมีศักยภาพสูงในการนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่มฟังก์ชันเพื่อสุขภาพ

จากข้อมูลและตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่แนวคิดการนำลำไยในรูปแบบสดและแห้งไปใช้เป็นซับสเตรตร่วมในการหมักสาโท เพื่อศึกษาผลกระทบต่อคุณลักษณะการหมักและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

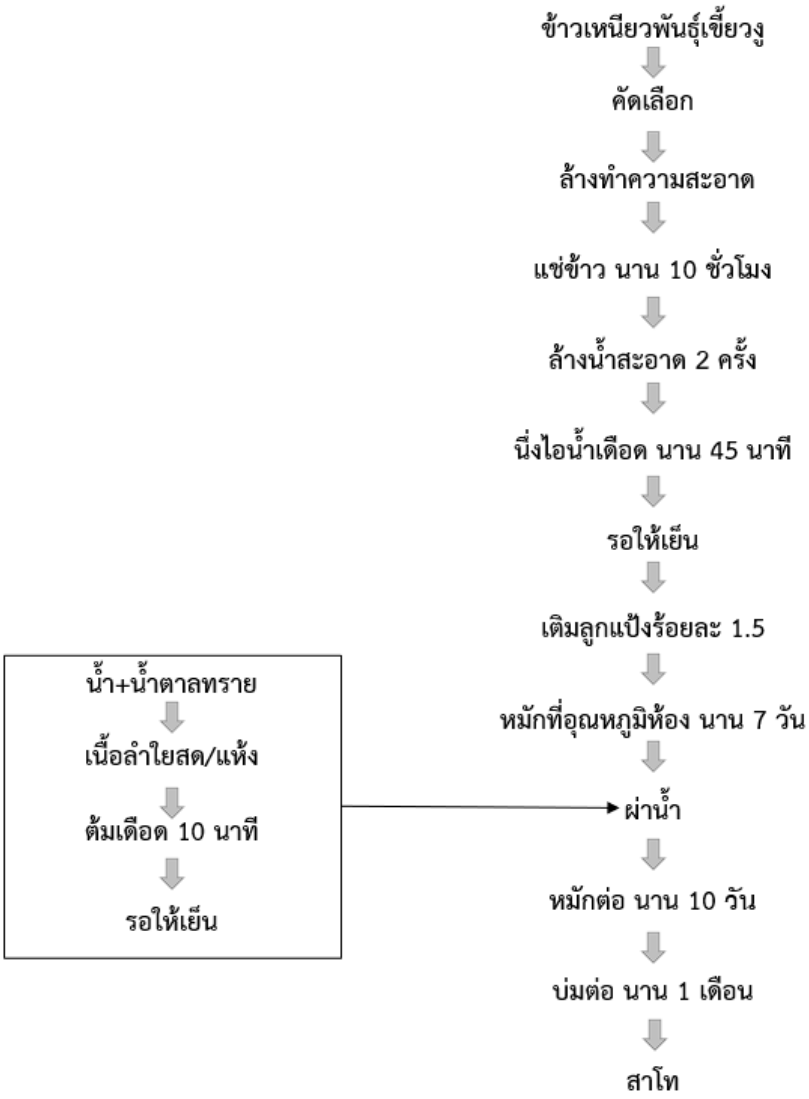
3.1 ศึกษาการหมักสาโท

ในการศึกษาการหมักสาโทครั้งนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบบ (Completely Randomized Design, CRD) กำหนดสิ่งทดลองจำนวน 4 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 1) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทำโดยนำข้าวเหนียวพันธ์กข. 6 มาคัดเลือกสิ่งปนเปื้อนออก ล้างทำความสะอาด แล้วนำไปแช่ข้าวนาน 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปล้างน้ำสะอาดอีก 2 ครั้ง นำไปนึ่งไอน้ำเดือดนาน 45 นาที หลังนึ่งข้าวสุกแล้ว รอให้เย็น แล้วนำไปคลุกผสมกับลูกแป้งร้อยละ 1.5 นำไปหมักในถังหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ทำการผ่าน้ำในลักษณะการใช้ซับสเตรตร่วม โดยเตรียมเนื้อลำไยอบแห้งและเนื้อลำไยสดตามที่กำหนด เติมน้ำตาลทราย และเติมน้ำ นำไปต้มเดือดนาน 10 นาที รอให้เย็น นำไปใช้เติมในกระบวนการหมักสาโท (ภาพที่ 1) หมักต่อนาน 10 วัน จากนั้นยุติการหมัก ถ่ายส่วนใส แล้วนำไปบ่มนาน 1 เดือน จึงได้เป็นสาโท

ตารางที่ 1 สิ่งทดลองที่ใช้ในการหมักสาโท

Treatment	Longan type	Concentration (%)*	Code
1	Dry	0.4	DL0.4
2	Dry	0.7	DL0.7
3	Fresh	2.0	FL2.0
4	Fresh	3.0	FL3.0

* ร้อยละโดยคำนวณจากน้ำหนักในขั้นตอนการผ่าน้ำ



รูปที่ 1 กระบวนการหมักสาโท

3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมักสาโท

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพในระหว่างกระบวนการหมักสาโท ทำโดยสุ่มตัวอย่างหลังจากการผ่าน้ำทุกวัน แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ปริมาณกรดทั้งหมด โดยใช้วิธีการไตรเตรท (Kirk และ Sawyer, 1991) โดยคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้แฮนด์รีแฟรคโตมิเตอร์ (Hand refractometer) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Illand et al, 2000) และปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้อีบูลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer)

3.3 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์สาโท

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์สาโทลำไยหลังการหมัก ดังนี้ วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ปริมาณกรดทั้งหมด โดยใช้วิธีการไตรเตรท (Kirk และ Sawyer, 1991) โดยคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้แฮนด์รีแฟรคโตมิเตอร์ (Hand refractometer) ปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้อีบูลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer)

3.4 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาโท

ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 9–Point Hedonic scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน ซึ่งเป็นผู้ทดสอบชิมที่สามารถรับประทานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้ โดยให้คะแนนตามความชอบของผู้ทดสอบชิมในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน รสขม กลิ่นรส และความชอบโดยรวม

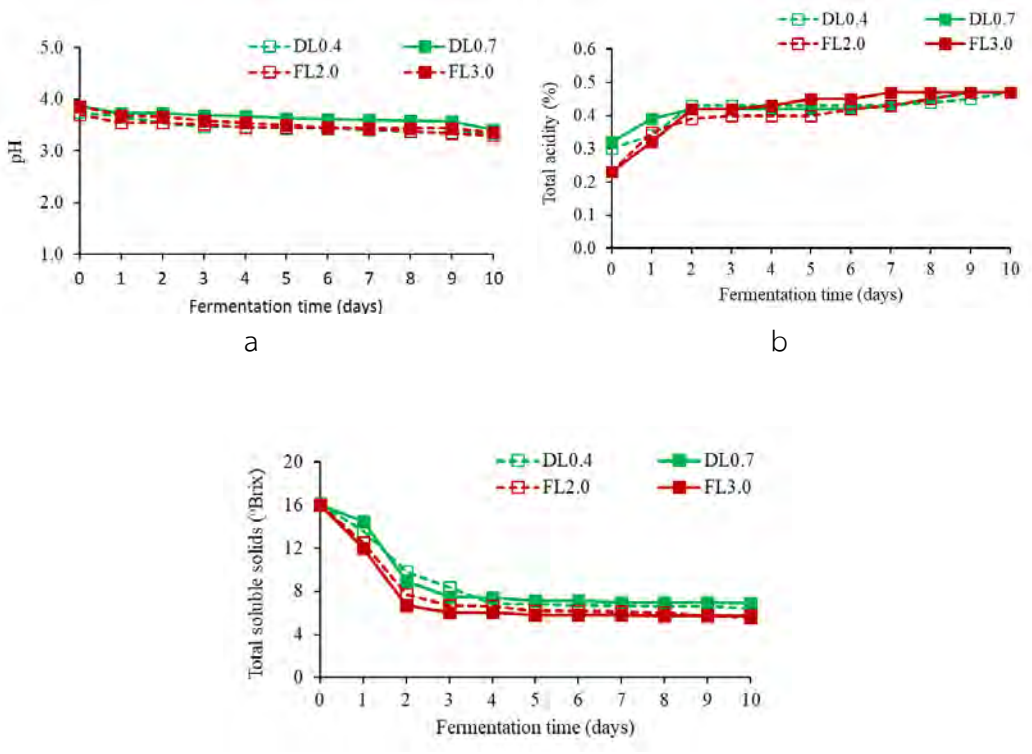
3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษา แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (analysis of variance) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan’s new multiple’s range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4. ผลการวิจัย

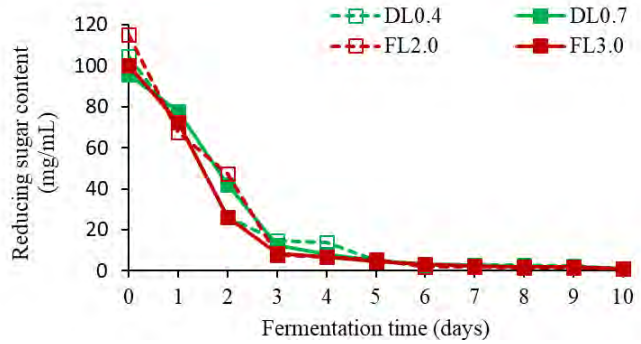
4.1 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมักสาโท

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของสาโทในระหว่างกระบวนการหมักหลังจากการผ่านำ้เป็นระยะเวลา 10 วัน โดยใช้ลำไยอบสดและแห้งเป็นซับสเตรตร่วมในกระบวนการหมักที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน จำนวน 4 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 1) พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักมีค่าอยู่ในช่วง 3.70-3.87 ร้อยละ 0.23-0.47 และ 5.6-16.10 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2) โดยพบว่า ค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

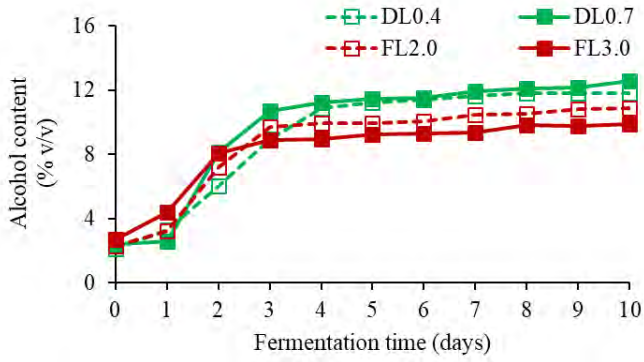


รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (a) ปริมาณกรดทั้งหมด (b) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (c) ในระหว่างการหมักสาโท

ในด้านการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และปริมาณแอลกอฮอล์ (Alcohol content) ในระหว่างกระบวนการหมักสาโทหลังจากการผ่านำ้เป็นเวลา 10 วัน (ภาพที่ 3) พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 95.63–115.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในวันเริ่มต้น เหลือเพียง 0.90–1.03 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อสิ้นสุดการหมัก ในขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.15–2.70 (v/v) ในวันเริ่มต้น เป็น ร้อยละ 9.90–12.58 (v/v) ในวันที่ 10 ของการหมัก



a



b

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (a) และปริมาณแอลกอฮอล์ (b) ในระหว่างการหมักสาโท

ข้อจำกัดของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักครั้งนี้ คือ การขาดข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในบางส่วน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมัก ซึ่งควรได้รับการพิจารณาเพิ่มเติมในการศึกษารวมถึงการเก็บข้อมูลเชิงลึกในอนาคต เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

4.2 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์สาโท

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์สาโทที่ได้จากการใช้ลำไยแห้งและลำไยสดเป็นซับสเตรตร่วมในกระบวนการหมักสาโทที่ใช้ระดับความเข้มข้นของซับสเตรตที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สิ่งทดลอง พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว–แดง (a*) และค่าสีน้ำเงิน–เหลือง (b*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 70.30 ถึง 86.18 -0.56 ถึง 1.34 และ 8.13 ถึง 13.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาผลของชนิดลำไยและระดับความเข้มข้นของซับสเตรตต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์สาโท พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(p>0.05) แสดงให้เห็นว่าการใช้ลำไยแห้งและลำไยสดในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์สาโทที่ผลิตได้ ในขณะที่ค่าสีเขียว–แดง (a*) และค่าสีน้ำเงิน–เหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) แสดงให้เห็นว่าชนิดของลำไยและระดับความเข้มข้นของซับสเตรตเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์สาโท โดยเฉพาะค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการหมัก

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์สาโทที่ได้จากการหมักที่ใช้ลำไยเป็นซับสเตรตร่วมที่แตกต่างกัน

Treatment	L*	a*	b*
	ns	*	*
DL0.4	84.36±12.67	-0.56±1.04^{b}	13.39±2.26^{a}
DL0.7	70.30±20.85	0.28±1.49^{b}	13.68±2.91^{a}
FL2.0	86.18±2.17	0.00±0.14^{b}	8.13±0.04^{b}
FL3.0	77.03±2.62	1.34±0.28^{a}	12.43±0.48^{a}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05); ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05); DL0.4 = ลำไยแห้งร้อยละ 0.4, DL0.7 = ลำไยแห้งร้อยละ 0.7, FL2.0 = ลำไยแห้งร้อยละ 2.0 และ FL3.0 = ลำไยสดร้อยละ 3.0

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สาโทหลังการหมักจากลำไยแห้งและลำไยสดเป็นซับสเตรตร่วม จำนวน 4 สิ่งทดลอง พบว่า ชนิดของลำไยและระดับความเข้มข้นของซับสเตรตส่งผลต่อค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตภัณฑ์สาโทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.60–3.74 ร้อยละ 0.40–0.43 10.10–11.20 องศาบริกซ์ และร้อยละ 10.00–12.20 (v/v) ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาผลของสิ่งทดลอง พบว่าการใช้ลำไยแห้งร่วมกับระดับความเข้มข้นของซับสเตรตร้อยละ 0.4 และ ร้อยละ 0.7 (DL0.4 และ DL0.7) ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด (ร้อยละ 11.90 และ 12.20 v/v ตามลำดับ)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์สาโทที่ได้จากการหมักที่ใช้ลำไยเป็นซับสเตรตร่วมที่แตกต่างกัน

Treatment	pH	TA (%)	TSS (°Brix)	Alcohol (%)
	*	*	*	*
DL0.4	3.67±0.04^{b}	0.43±0.00^{a}	11.20±0.00^{a}	11.90±0.00^{a}
DL0.7	3.70±0.09^{ab}	0.40±0.00^{c}	10.10±0.11^{c}	12.20±0.33^{a}
FL2.0	3.60±0.01^{c}	0.42±0.02^{b}	10.30±0.11^{b}	11.00±0.44^{b}
FL3.0	3.74±0.05^{a}	0.40±0.00^{c}	10.30±0.45^{b}	10.00±0.33^{c}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); TA=Total acidity, TSS=Total soluble solid content; DL0.4 = ลำไยแห้งร้อยละ 0.4, DL0.7 = ลำไยแห้งร้อยละ 0.7, FL2.0 = ลำไยแห้งร้อยละ 2.0 และ FL3.0 = ลำไยสดร้อยละ 3.0

4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาโท

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาโทหลังการหมักทั้ง 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน รสขม กลิ่นรส และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมประเมินให้คะแนนความชอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.00–7.58, 6.73–7.42, 5.57–7.20, 5.18–7.92, 5.28–6.62, 5.47–6.95 และ 5.37–7.25 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดยพบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาโทที่หมักโดยใช้ลำไยแห้งที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.4 (DL0.4) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ในขณะที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากลำไยสดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3.0 (FL3.0) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาโท

Treatment	Appearance	Color	Odor	Sweetness	Bitterness	Flavor	OP
	*	*	*	*	*	*	*
DL0.4	7.58±1.14^{a}	7.37±1.18^{a}	7.10±1.32^{a}	7.37±1.14^{a}	6.62±1.50^{a}	6.95±1.50^{a}	7.25±1.28^{a}
DL0.7	7.55±1.03^{a}	7.42±1.23^{a}	7.20±1.13^{a}	7.92±9.23^{a}	6.32±1.69^{a}	6.95±1.23^{a}	6.95±1.51^{a}
FL2.0	7.37±1.48^{a}	7.02±1.54^{b}	6.85±1.45^{a}	6.93±1.27^{a}	6.55±1.40^{a}	6.98±1.38^{a}	7.00±1.10^{a}
FL3.0	7.00±1.80^{b}	6.73±2.02^{b}	5.57±2.03^{b}	5.18±2.05^{b}	5.28±2.12^{b}	5.47±2.10^{b}	5.37±2.18^{b}

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); OP = overall preference

5. สรุปและอภิปรายผล

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สาโทระหว่างกระบวนการหมัก พบว่า ค่าพีเอชและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งเป็นผลจากการสร้างกรดอินทรีย์ของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากน้ำตาลและสารอาหารในซับสเตรตถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ ซึ่งเป็นลักษณะของกระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ ที่ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ใช้น้ำตาลในวัตถุดิบผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic fermentation) ทำให้เกิดเอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ และสารเมแทบอไลต์อื่น ๆ รวมถึงกรดอินทรีย์ ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลและของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก (Walker and Stewart, 2016) ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการดำเนินไปของกระบวนการหมักและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สาโท ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Zhang et al. (2015) และ Khalid et al. (2026) ที่พบว่า *S. cerevisiae* มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนน้ำตาลในวัตถุดิบให้เป็นเอทานอลในกระบวนการหมักไวน์ข้าว นอกจากนี้ Peng et al. (2025) และ Chen et al. (2021) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์ เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีระหว่างการหมัก ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการหมักได้ และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเช่นกัน

คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างสาโทที่ได้ทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันของซับสเตรตร่วมในกระบวนการหมักที่นอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์การตรวจวิเคราะห์ในระหว่างการหมักแล้ว ยังส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเช่นกัน โดยพบว่า การใช้ลำไยสดเป็นซับสเตรตร่วมในการหมักส่งผลให้ได้สาโทที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าการใช้ลำไยแห้งเป็นซับสเตรตร่วม ในขณะที่การใช้ลำไยสดร้อยละ 3.0 เป็นซับสเตรตในการหมักทำให้ได้สาโทที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าการใช้ลำไยสดร้อยละ 2.0 ข้อมูลที่ได้นี้ อาจอธิบายลักษณะการหมักของยีสต์ในสภาวะที่มีสารอาหารที่แตกต่างกันนี้ได้ว่า การมีสารอาหารและแหล่งคาร์บอนในปริมาณมากอาจไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของชีวมวลได้ดี แต่อาจส่งผลให้มีปริมาณแอลกอฮอล์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคาร์บอนไม่ได้ถูกนำมาใช้สร้างแอลกอฮอล์เพียงอย่างเดียว แต่ยังถูกกระจายไปสู่กระบวนการเมแทบอลิซึมอื่น ๆ อีกด้วย รวมถึงปัจจัย (Nevoigt, 2008; van Aalst et al., 2022)

เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ลำไยแห้งและลำไยสดในกระบวนการหมักที่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า การใช้ลำไยแห้งมีแนวโน้มให้สาโทที่มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้รับคะแนนความชอบของผู้บริโภคสูงกว่าการใช้ลำไยสด ซึ่งน่าจะอธิบายได้จากผลกระทบจากคุณสมบัติของลำไยสดและลำไยแห้งที่แตกต่างกันในด้านต่าง ๆ ทั้งด้าน สี กลิ่น และรสชาติ เป็นต้น รวมถึงสารประกอบบางส่วนที่มีการ

เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากกระบวนการทำแห้งของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ ลำไยอบแห้งผ่านกระบวนการให้ความร้อนซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการคาราเมลไลเซชัน ส่งผลให้เกิดสารประกอบให้กลิ่นและรสเฉพาะตัว ช่วยเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสและสีของผลิตภัณฑ์หมัก (Somjai et al., 2021; Tandee et al.; 2021; Yuan et al., 2020)

ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบและปริมาณของลำไยที่ใช้เป็นซับสเตรตร่วมในการหมักสาโทมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาโทที่ผลิตได้ โดยพบว่า การใช้ลำไยแห้งเป็นซับสเตรตร่วมในการหมักทำให้ได้สาโทที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการใช้ลำไยสด และให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าการใช้ลำไยสดเป็นซับสเตรตร่วมในการหมัก ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นถึงแนวทางการประยุกต์ใช้ลำไยอบแห้งในการปรับปรุงคุณภาพการหมักและคุณภาพผลิตภัณฑ์สาโท รวมถึงเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักจากผลไม้ในอนาคตต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

กรมสรรพสามิต. (2567, 11 กันยายน). *สรรพสามิต เผย 11 เดือนแรกปีงบฯ 67 เก็บ “ภาษีสุราชุมชน” สูงกว่าปี 66 กว่า 33 ล้านบาท ชูโครงการ “1 ชุมชน 1 สรรพสามิต แชมเปี้ยน” ขับเคลื่อนเศรษฐกิจชุมชน*. LINE TODAY. https://today.line.me/th/v3/article/wJOzx5a

ประภัสรา ศิริขันธ์แสง, ปณิดา เผือกแก้ว, & นราศร ศิริสงวน. (2560). ผลของสาโทข้าวเจ้าต่างสีต่อการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*. *วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น*, *39*(1), 121–135.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2567). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 3/2567: สาโท*. กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567, 27 พฤษภาคม). *ปีนี้ ลำไย 8 จังหวัดภาคเหนือ ผลผลิตในฤดู 6.37 แสนตัน เริ่มออกตลาดปลายเดือนมิถุนายนนี้ สศท.1 เชิญชวนบริโภคลำไยคุณภาพ*. https://coaching.oae.go.th/ปีนี้-ลำไย-8-จังหวัด-ภาคเหนือ/

Chen, L., Li, D., Ren, L., Song, S., Ma, X., & Rong, Y. (2021). Effects of simultaneous and sequential cofermentation of *Wickerhamomyces anomalus* and *Saccharomyces cerevisiae* on physicochemical and flavor properties of rice wine. *Food Science & Nutrition, 9*(1), 71–86. https://doi.org/10.1002/fsn3.1899

Hong-in, S., et al. (2021). Enhancement of phenolics content and biological activities of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) treated with thermal and ageing process. *Scientific Reports, 11*, 16095.

He, S., Shi, C., Li, Q., Chen, L., Tang, J., Huang, J., & Chen, Y. (2022). *Optimization of fermentation technology, antioxidant activity and quality analysis of longan fruit wine*. *China Brewing, 41*(5), 131–136. https://doi.org/10.11882/j.issn.0254-5071.2022.05.023

Iland, P., Ewart, A., Sitters, J., Markides, A., & Bruer, N. (2000). *Techniques for chemical analysis and quality monitoring during winemaking*. Patrick Iland Wine Promotions

Khalid, F., Jin, H., Lee, E. G., Cho, S. H., & Baik, S. H. (2026). Preparation of Korean rice wine with probiotic indigenous *Saccharomyces cerevisiae* and their fermentation properties. *Food Science and Biotechnology, 35*(4), 1001–1012. https://doi.org/10.1007/s10068-025-02063-y

Kirk, R. S., & Sawyer, R. (1991). *Pearson's composition and analysis of foods* (9th ed.). Longman Scientific & Technical.

Nevoigt, E. (2008). *Progress in metabolic engineering of Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews, 72*(3), 379–412.

Peng, B., Huang, H., Xu, J., Xin, Y., Hu, L., Chen, J., Han, Y., & Li, C. (2025). *Rice wine fermentation: Unveiling key factors shaping quality, flavor, and technological evolution*. *Foods*. Advance online publication. https://doi.org/[DOI]

Phovisay, S., Kodchasee, P., Abdullahi, A. D., Kham, N. N. N., Unban, K., Kanpiengjai, A., Saenjum, C., Shetty, K., & Khanongnuch, C. (2024). Tannin-tolerant *Saccharomyces cerevisiae* isolated from traditional fermented tea leaf (Miang) and application in fruit wine fermentation using longan juice mixed with seed extract as substrate. *Foods, 13*(9), Article 1335. https://doi.org/10.3390/foods13091335

Pratt, P. L., Bryce, J. H., & Stewart, G. G. (2003). The effects of osmotic pressure and ethanol on yeast viability and morphology during high gravity fermentation. *Journal of the Institute of Brewing, 109*(3), 218–228. https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00162.x

Rangkadilok, N., Sitthimonchai, S., Worasuttayangkurn, L., Mahidol, C., Ruchirawat, M., & Satayavivad, J. (2007). Evaluation of free radical scavenging and antityrosinase activities of standardized longan fruit extract. *Food and Chemical Toxicology, 45*(2), 328–336. https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.08.022

Rithmanee, T., & Intipunya, P. (2012). Effects of high power ultrasonic pretreatment on physicochemical quality and enzymatic activities of dried longan. *Journal of Agricultural Science, 4*(11), 299–308. https://doi.org/10.5539/jas.v4n11p299

Sanoppa, K., Huang, T.-C., & Wu, M.-C. (2019). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* in association with *Torulaspora delbrueckii* on the aroma and amino acids in longan wines. *Food Science & Nutrition, 7*(8), 2767–2775. https://doi.org/10.1002/fsn3.1076

Sheu, S.-Y., Lu, C.-T., Lin, Y.-H., & Hou, W.-C. (2016). Evaluation of xanthine oxidase inhibitory potential and *in vivo* hypouricemic activity of *Dimocarpus longan* Lour. extracts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2016*, Article 6326138. https://doi.org/10.1155/2016/6326138

Somjai, C., Siriwoharn, T., Kulprachakarn, K., Chaipoot, S., Phongphisutthinant, R., & Wiriyacharee, P. (2021). Utilization of Maillard reaction in moist-dry-heating system to enhance physicochemical and antioxidative properties of dried whole longan fruit. *Heliyon*, *7(5),* e07094. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07094

Surin, S., Thakeow, P., Seesuriyachan, P., Angeli, S., & Phimolsiripol, Y. (2014). Effect of extraction and concentration processes on properties of longan syrup. *Journal of Food Science and Technology, 51*(9), 2062–2069. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1249-7

Tandee, K., Kittiwachana, S., & Mahatheeranont, S. (2021). Antioxidant activities and volatile compounds in longan (*Dimocarpus longan* Lour.) wine produced by incorporating longan seeds. *Food Chemistry, 348*, Article 128921. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128921

Walker, G. M., & Stewart, G. G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages, 2*(4), Article 30. https://doi.org/10.3390/beverages2040030

Wongtom, R. (2006). *Browning reactions occur during drying the whole longan (Euphoria longana Lam.)* (Master's thesis, Silpakorn University). Silpakorn University Repository. http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Rungtip_Wongtom/Abstract.pdf

Wu, X., Zhong, Q., & Zhang, Y. (2023). Effects of caffeic acid and chlorogenic acid addition on the chemical constituents of lychee wine fermented with *Saccharomyces cerevisiae* DV10. *Fermentation, 9*(5), Article 451. https://doi.org/10.3390/fermentation9050451

van Aalst, A. C. A., de Valk, S. C., van Gulik, W. M., Jansen, M. L. A., Pronk, J. T., & Mans, R. (2022). *Pathway engineering strategies for improved product yield in yeast-based industrial ethanol production*. *Synthetic and Systems Biotechnology, 7*(1), 554–566.

Yuan, X., Yu, X., Yang, F., Zheng, L., Chi, Y., Wang, Y., Yao, K., Zhang, R., & Jia, D. (2020). Fermentation of longan fruit wine with aroma-producing yeast and *Saccharomyces cerevisiae*. *China Brewing, 39*(7), 74–77. https://doi.org/10.11882/j.issn.0254-5071.2020.07.015

Yue, X., Chen, Z., Zhang, J., Huang, C., Zhao, S., Li, X., Qu, Y., & Zhang, C. (2022). Extraction, purification, structural features and biological activities of longan fruit pulp (Longyan) polysaccharides: A review. *Frontiers in Nutrition, 9*, Article 914679. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.914679

Zhang, X., Guo, S., Ho, C. T., & Bai, N. (2020). Phytochemical constituents and biological activities of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit: A review. *Food Science and Human Wellness, 9*(2), 95–102. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2020.03.001

Zhang, C. Y., Qi, Y. N., Ma, H. X., Li, W., Dai, L. H., & Xiao, D. G. (2015). Decreased production of higher alcohols by *Saccharomyces cerevisiae* for Chinese rice wine fermentation by deletion of Bat aminotransferases. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 42*(4), 617–625. https://doi.org/10.1007/s10295-015-1583-z

Zhu, J., Peng, J., Li, J., Li, L., Bi, J., Yang, W., Yi, J., Chen, S., Xu, Y., & Gu, Q. (2023). Comparison of different pretreatments on drying characteristics, physical properties, nutritional compounds and antioxidant activity of heat pump-dried longan pulp. *International Journal of Food Science & Technology, 58*(7), 3889–3901. https://doi.org/10.1111/ijfs.16490

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การพัฒนาสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สำหรับการป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน

ปรณ์ ภูริศาสตรานน[1*] ดุลิต อธินุวัฒน์[1] และวิลาวรรณ์ เชื้อบุญ[2]

สาขาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี 12120

*pond.phurisattranon@gmail.com, 0955644131

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียนที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora palmivora* ดำเนินการโดยพัฒนาสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เก็บรักษาตลอดระยะเวลา 4 เดือน ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่ผสม *Trichoderma asperellum* ร่วมกับ *Bacillus subtilis* TU05 สามารถคงสภาพประชากรจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด มีปริมาณคงเหลืออยู่ที่ 5.33 ± 0.91 × 10^6 และ 8.63 ± 2.16 × 10^6 CFU/g ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรค พบว่าสูตรผสมระหว่าง *T. asperellum* ร่วมกับ *Bacillus amyloliquefaciens* TU91 ผ่านกลไกเชิงชีววิธี การแข่งขัน แย่งธาตุอาหาร การสร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค และการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืช ซึ่งช่วยเสริมฤทธิ์กันทำให้สูตรผสมมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้จุลินทรีย์เดี่ยว โดยมีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรคได้ดีที่สุด มีค่าดัชนีความรุนแรงของโรคต่ำที่สุดเพียงร้อยละ 25.0 ± 4.6 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งสูงถึงร้อยละ 91.7 ± 4.6 และมีค่าดัชนีการฟื้นตัวสูงถึงร้อยละ 65.0 ± 13.0 ขณะที่ต้นทุเรียนในกลุ่มควบคุมไม่พบการฟื้นตัว

คำสำคัญ: ทุเรียน, รากเน่าโคนเน่า, *Phytophthora palmivora*, จุลินทรีย์ปฏิปักษ์, ปุ๋ยมูลไส้เดือน

Development of vermicompost integrated with antagonistic microorganisms for the prevention of root and stem rot in durian

Pond Phurisattranon[1*] Dusit Athinuwat[1] and Wilawan Chuaboon[2]

Organic Agricultural Management Program, Faculty of Science and Technology,
Thammasat University, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand

*pond.phurisattranon@gmail.com, 0955644131

Abstract

Development of a vermicompost formula integrated with antagonistic microbes to promote growth and control root and stem rot disease in durian caused by *Phytophthora palmivora* was conducted by formulating vermicompost carriers with antagonistic strains and monitoring them over a 4-month storage period. The results showed that the combination of *Trichoderma asperellum* and *Bacillus subtilis* TU05 demonstrated the highest microbial population stability, maintaining survival rates of $5.33 \pm 0.91 \times 10^6$ and $8.63 \pm 2.16 \times 10^6$ CFU/g, respectively. However, in disease control efficacy trials, the combination of *T. asperellum* and *Bacillus amyloliquefaciens* TU91 integrating key biological mechanisms including nutrient and space competition, production of antimicrobial compounds inhibiting the pathogen, and activation of plant defense systems, which produced a synergistic effect superior to individual strains was the most effective in reducing disease severity, exhibiting the lowest disease severity index of only 25.0% ± 4.6%, compared to 91.7% ± 4.6% in the control group. Furthermore, this formula enhanced tree recovery, yielding a recovery index of up to 65.0% ± 13.0%, whereas no recovery was observed in the control group.

Keywords: Durian, Root and stem rot, *Phytophthora palmivora*, Antagonistic microorganisms, Vermicompost

1. บทนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีแนวโน้มการขยายพื้นที่เพาะปลูกและกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศสูง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ส่งผลให้ภาคเกษตรกรรมมีการพึ่งพาปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีในปริมาณมหาศาล อย่างไรก็ตาม วิกฤตการณ์ทางภูมิรัฐศาสตร์และความขัดแย้งระหว่างประเทศในปัจจุบัน ส่งผลให้ราคาปุ๋ยเคมีในตลาดโลกพุ่งสูงขึ้นอย่างรุนแรง (Charlotte and Joseph, 2023) ประเทศไทยจำเป็นต้องนำเข้าปุ๋ยเคมีเป็นหลักจึงได้รับผลกระทบโดยตรงจากต้นทุนการผลิตที่ขยับตัวสูงขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อภาพรวมทางเศรษฐกิจในระยะยาว นอกเหนือจากวิกฤตการณ์ด้านต้นทุนแล้ว การเพาะปลูกทุเรียนยังเผชิญกับข้อจำกัดจากโรคและศัตรูพืช โดยโรคที่มีความรุนแรงและสร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจมากที่สุดคือ โรครากเน่าโคนเน่า ที่มีสาเหตุหลักมาจากเชื้อ *Phytophthora palmivora* ซึ่งกระจายความเสียหายอย่างแพร่หลายในแหล่งปลูกสำคัญ มีรายงานพื้นที่ได้รับความเสียหายสูงถึงร้อยละ 40 เป็นประจำทุกปี (เครือวัลย์, 2564) เกษตรกรจึงต้องแบกรับภาระต้นทุนทั้งปุ๋ยเคมีและสารเคมีสังเคราะห์ในการกำจัดโรคพืช แม้ว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์จะเป็นวิธีที่นิยมในการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่า แต่การพึ่งพาสารเคมีดังกล่าวเพียงอย่างเดียวยังคงมีข้อจำกัดและไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างยั่งยืน สารเคมีมักมีประสิทธิภาพเพียงระยะสั้น และหากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะส่งผลให้เชื้อสาเหตุโรคเกิดการดื้อยา ทำให้ต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือความถี่ในการพ่นสาร สูญเสียต้นทุนสูงขึ้น อีกทั้งยังส่งผลกระทบเชิงลบต่อระบบนิเวศในดิน ทำลายจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ตามธรรมชาติ ตลอดจนการตกค้างของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค รวมถึงสร้างอุปสรรคต่อมาตรฐานสินค้าเกษตรส่งออก ด้วยเหตุนี้นำไปสู่งานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โดยประยุกต์ใช้ราปฏิปักษ์ *Trichoderma asperellum* ร่วมกับแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* TU05 และ *Bacillus amyloliquefaciens* TU91 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

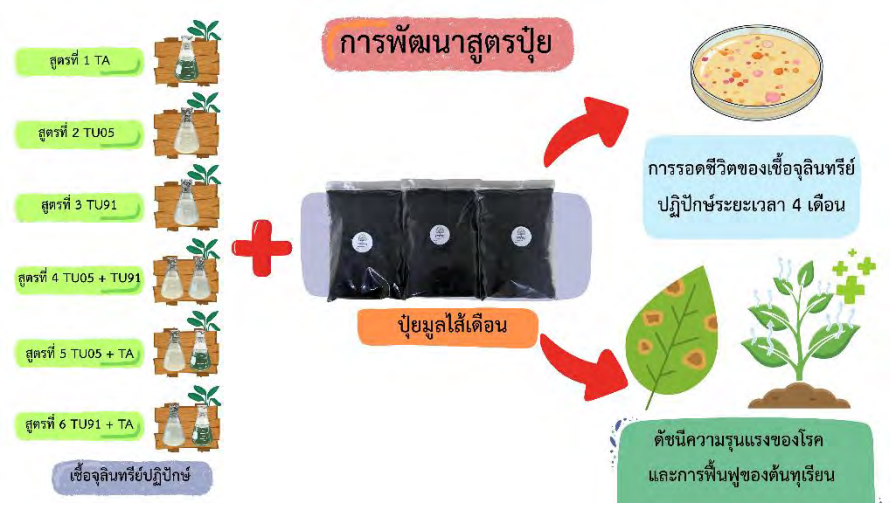
โรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน มีสาเหตุหลักเกิดจากเชื้อรา *P. palmivora* ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่สร้างความเสียหายเชิงเศรษฐกิจต่อผู้ปลูกทุเรียนเป็นอย่างมาก โดยเชื้อจะเข้าทำลายระบบรากฝอยและโคนต้น ทำให้ท่อน้ำและท่ออาหารอุดตัน ใบเหลืองร่วง และยืนต้นตายในที่สุด (สัญชัย, 2565) การควบคุมโรคในปัจจุบันยังคงพึ่งพาการใช้สารเคมีสังเคราะห์เป็นหลัก การใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตกค้างในผลผลิต และทำลายสมดุลของจุลินทรีย์ในดินแล้ว ยังทำให้เชื้อสาเหตุโรคเกิดการดื้อยา

ส่งผลให้ประสิทธิภาพของสารเคมีลดลงและเกษตรกรต้องแบกรับต้นทุนที่สูงขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาแนวทางการควบคุมโรคโดยชีววิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน

ปุ๋ยมูลไส้เดือน เป็นอินทรียวัตถุที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายของไส้เดือนดินร่วมกับจุลินทรีย์ โดยอุดมไปด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (สมชาย, 2566) นอกจากนี้ มูลไส้เดือนยังมีคุณสมบัติทางกายภาพที่มีความพรุนสูง กักเก็บความชื้นได้ดี และมีโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุพา เพื่อช่วยในการคงอยู่ การเพิ่มจำนวน และการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืช โดยเชื้อรา *Trichoderma asperellum* มีกลไกในการแข่งขันทางอาหาร การพันรัด และการสร้างเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรค (นงลักษณ์, 2564) ในขณะที่แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ได้แก่ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus amyloliquefaciens* มีความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะกลุ่มลิโปเปปไทด์ ที่ช่วยทำลายสปอร์และเส้นใยของเชื้อ *P. palmivora* พร้อมทั้งชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรค (อรอนงค์ และวิชัย, 2567) ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกันบนวัสดุพาปุ๋ยมูลไส้เดือน จะก่อให้เกิดกลไกแบบเสริมฤทธิ์กัน เนื่องจากจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์มีตำแหน่งและช่วงเวลาในการเข้าควบคุมโรคที่แตกต่างกัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค ส่งเสริมการเจริญเติบโต (ปาณิสรา, 2566) และลดการพึ่งพาสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยมูลไส้เดือนที่มีการเสริมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืช โดยกำหนดให้ ตัวแปรต้น คือ สูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ชนิดเดี่ยวและสูตรผสมร่วมกันของ *T. asperellum*, *B. subtilis* TU05 และ *B. amyloliquefaciens* TU91 และ ตัวแปรตาม คือ การรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน และประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าสาเหตุมาจากเชื้อ *Phytophthora palmivora* รวมถึงอัตราการฟื้นตัวของต้นทุเรียน ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยพัฒนาสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth (NB) แยกเป็นสองส่วน ส่วนแรกปริมาตร 500 มิลลิลิตร บรรจุในขวดรูปชมพู่ นึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำมาแยกย้ายเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* TU05 และ *Bacillus amyloliquefaciens* TU91 ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อบ่มบนเครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็กที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อให้แบคทีเรียเจริญเข้าสู่ระยะสร้างสปอร์ ส่วนที่สองเตรียมอาหาร NB ปริมาณ 5 ลิตร บรรจุในโถแก้วของเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงติดตั้งเข้ากับหน่วยควบคุมหลักและระบบหล่อเย็น จากนั้นทำการถ่ายสารแขวนลอยแบคทีเรียที่เตรียมไว้ในขั้นตอนแรกเข้าสู่โถหมักผ่านปั๊มรีดท่อ (peristaltic pump) ในปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาตรอาหาร เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ควบคุมการกวนผสมและการให้อากาศอย่างเหมาะสมเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อให้แบคทีเรียเจริญเข้าสู่ระยะสร้างสปอร์อย่างสมบูรณ์

เตรียมวัสดุอาหารกึ่งแข็งโดยใช้ข้าวสารที่ผ่านกระบวนการทำให้สุกบางส่วน (parboiled rice) บรรจุในถุงพลาสติกทนร้อนถุงละ 500 กรัม ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ดำเนินการถ่ายเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma asperellum* ลงบนวัสดุอาหาร

ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ เขย่าถุงเพื่อกระจายเชื้อให้ทั่วถึง เจาะรูบริเวณส่วนบนของถุงด้วยเข็มปราศจากเชื้อเพื่อระบายอากาศ จากนั้นนำไปบ่มในบริเวณที่ถ่ายเทอากาศได้ดีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน จนกระทั่งเชื้อราเจริญและสร้างสปอร์ (sporulation) อย่างสมบูรณ์

ทำการเก็บเกี่ยวเซลล์แบคทีเรียโดยการปั่นเหวี่ยง (centrifugation) ที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกส่วนใสออกแล้วนำตะกอนเซลล์มาแขวนลอยใหม่ในสารละลายเปปโตน (peptone) 0.1% ปรับความขุ่นด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ให้เท่ากับ 0.3 (ประมาณ 10^{13} CFU/ml) เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อเข้มข้น จากนั้นนำสารแขวนลอยจุลินทรีย์ที่เตรียมได้ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ผสมลงในมูลไส้เดือนซึ่งใช้เป็นวัสดุพา (carrier material) ปริมาณ 500 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากันภายใต้สภาวะสะอาด บรรจุลงในถุงซิปล็อก (ziplock bags) ถุงละ 500 กรัม เจาะรูขนาดเล็กจำนวน 4–10 รูด้วยเข็มปราศจากเชื้อเพื่อเป็นช่องระบายอากาศ จากนั้นนำไปเก็บรักษาในที่มืดที่มีการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม

สุ่มตัวอย่างปุ๋ย 1 กรัม นำมาเจือจางลำดับส่วน ในสารละลายเปปโตน 0.1% ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ตั้งแต่ระดับ 10^{-1} ถึง 10^{-9} จากนั้นดูดสารละลายปริมาณ 100 ไมโครลิตร นำมาแพร่บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ (spread plate method) โดยใช้สารอาหาร nutrient agar (NA) สำหรับตรวจนับ *Bacillus* spp. (บ่มที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24–48 ชั่วโมง) และใช้ potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมยาปฏิชีวนะสำหรับตรวจนับ *T. asperellum* (บ่มเป็นเวลา 3–5 วัน) ทำการนับจำนวนโคโลนีในช่วง 30–300 โคโลนี เพื่อคำนวณหาปริมาณจุลินทรีย์ (CFU/g) นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α = 0.05)

คัดเลือกต้นกล้าทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (*Durio zibethinus* L. cv. Monthong) อายุ 1 ปี ที่สมบูรณ์แข็งแรงและปราศจากโรค มีจำนวนใบ 25–35 ใบ และมีความสูงเฉลี่ย 100 เซนติเมตร ย้ายปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ด้วยวัสดุปลูกดินร่วน แกลบดิบ และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาตร โดยคงดินเดิมติดรากไว้เพื่อลดการบอบช้ำ จากนั้นนำต้นกล้าไปพักปรับสภาพในเรือนเพาะชำพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 14 วัน ให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ไม่ใส่ปุ๋ยเสริมการเจริญเติบโตใด ๆ และงดสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชทั้งหมดตลอดการทดลอง

การวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) แบ่งเป็น 10 กลุ่มสิ่งทดลอง กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น รวมทั้งหมด 40 ต้น

กลุ่มที่ 1 (negative control) ชุดควบคุมที่ไม่ใส่สารปรับปรุงดิน แต่มีการปลูกเชื้อ

กลุ่มที่ 2 (positive control) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ (15-15-15) ร่วมกับการปลูกเชื้อ

กลุ่มที่ 3: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว ร่วมกับการปลูกเชื้อ

กลุ่มที่ 4: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเสริมเชื้อ *Trichoderma asperellum*

กลุ่มที่ 5: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเสริมเชื้อ *Bacillus subtilis* TU05

กลุ่มที่ 6: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเสริมเชื้อ *Bacillus amyloliquefaciens* TU91

กลุ่มที่ 7: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเสริม *B. subtilis* TU05 + *B. amyloliquefaciens* TU91

กลุ่มที่ 8: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเสริม *T. asperellum* + *B. subtilis* TU05

กลุ่มที่ 9: ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนเสริม *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* TU91

กลุ่มที่ 10 (blank control) ชุดควบคุมที่ไม่ใส่ทั้งเชื้อก่อโรคและสารปรับปรุงดิน

ดำเนินการปลูกเชื้อราพืชในกลุ่มสิ่งทดลองที่ 1 ถึง 9 โดยการราดสารละลายแขวนลอยของเชื้อ *P. palmivora* ความเข้มข้น 10^6 zoospores/ml รอบโคนต้น เนื่องจากเป็นระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมในการจำลองการระบาดตามธรรมชาติ (Ko and Chan, 1974) และพักต้นพืชในเรือนเพาะชำพรางแสงเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้เชื้อเข้าทำลายพืช (กำหนดให้เป็นวันที่ 0 ของการทดลอง) จากนั้นทำการประเมินลักษณะทางระบาดวิทยาเริ่มต้นก่อนให้สิ่งทดลอง โดยกลุ่มที่ 3 ถึง 9 ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนหรือปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อัตรา 60 กรัมต่อกระถาง ส่วนกลุ่มที่ 2 (ชุดควบคุมบวก) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ (15-15-15) อัตรา 7.5 กรัมต่อกระถาง โดยโรยรอบโคนต้นและกลบด้วยวัสดุปลูก ทุก ๆ 14 วัน ได้แก่วันที่ 0 14 28 42 และ 56 ตลอดระยะเวลาการทดลอง 60 วัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและส่งเสริมการเจริญเติบโต

โดยกำหนดให้สัญลักษณ์และตัวย่อในตารางที่ 2 และ 3 ดังนี้ Vc หมายถึง ปุ๋ยมูลไส้เดือน (vermicompost) *T.asp.* หมายถึง *T. asperellum* TU05 หมายถึง *B. subtilis* และ TU91 หมายถึง *B. amyloliquefaciens*

ดำเนินการประเมินระดับอาการของโรค (disease severity scoring) ในทุกหน่วยการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (rating scale) ตั้งแต่ระดับ 0 ถึง 9 ตามลักษณะอาการทางสรีรวิทยาที่ปรากฏทั้งส่วนเหนือดินและระบบราก ทำการบันทึกคะแนนความรุนแรงของโรคในทุกต้นทดลองเป็นประจำทุก ๆ 2 วัน ตั้งแต่วันเริ่มการทดลอง (วันที่ 0) ต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 60 จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความรุนแรงของโรค (disease severity index: DSI) โดยใช้สูตรดังนี้

$$DSI = \frac{\sum n \times v}{N \times V} \times 100 \quad (1)$$

n = จำนวนต้นในแต่ละระดับคะแนน

v = ระดับคะแนนความรุนแรงของโรค (0-9)

N = จำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละกลุ่มการทดลอง

V = ระดับคะแนนสูงสุดของเกณฑ์การประเมิน (ในที่นี้คือ 9)

การประเมินความสามารถในการฟื้นตัวของต้นทุเรียนภายหลังการได้รับสารปรับปรุงดินและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนระดับการฟื้นตัว 0-5 คะแนน ทุก ๆ 2 วัน ตั้งแต่วันเริ่มการทดลอง (วันที่ 0) ต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 60 ตามลักษณะการเจริญเติบโตใหม่ของพืช จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีการฟื้นตัวของพืช (recovery index: RI) โดยใช้สูตรดังนี้

$$RI = \frac{\sum n \times v}{N \times V} \times 100 \quad (2)$$

n = จำนวนต้นในแต่ละระดับคะแนน

v = ระดับคะแนนการฟื้นฟูของต้นทุเรียน (0-5)

N = จำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละกลุ่มการทดลอง

V = ระดับคะแนนสูงสุดของเกณฑ์การประเมิน (ในที่นี้คือ 5)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความคงตัวของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในปุ๋ยมูลไส้เดือนตลอดระยะเวลา 4 เดือน (ตารางที่ 1) พบว่า ในเดือนที่ 0 ทุกกรรมวิธีมีความหนาแน่นประชากรเริ่มต้นในระดับ 10^9 CFU/g โดยกลุ่ม *B. subtilis* TU05 เดี่ยว มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 6.60 ± 1.95 × 10^9 CFU/g เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 4 เดือน แม้ประชากรโดยรวมจะลดลงสู่ระดับ 10^6 CFU/g ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ยังคงประสิทธิภาพในการควบคุมโรค แต่กรรมวิธีผสมระหว่าง *T. asperellum* ร่วมกับ *B. subtilis* TU05 สามารถคงสภาพประชากรได้ดีที่สุด โดยมีปริมาณคงเหลือสูงสุดที่ 8.63 ± 2.16 × 10^6 CFU/g ทั้งนี้เป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสายพันธุ์ผสม ประกอบกับคุณสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยมูลไส้เดือนที่มีความเป็นรูพรุนและกักเก็บ

ความชื้นสูง จึงช่วยลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมและรักษาเสถียรภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ให้พร้อมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมโรคในแปลงปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ผ่านการเก็บรักษานาน 4 เดือน

ตารางที่ 1 จำนวนการรอดชีวิตของประชากรจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในปุ๋ยมูลไส้เดือนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นับได้ (CFU/g)				
	เดือน 0 (10^9)	เดือน 1 (10^8)	เดือน 2 (10^7)	เดือน 3 (10^7)	เดือน 4 (10^6)
T. asperellum	3.97 ± 0.47^{bc}	3.03 ± 1.55^{d}	8.23 ± 1.45^{bc}	3.70 ± 0.56^{c}	4.80 ± 1.51^{b}
B. subtilis	6.60 ± 1.95^{a}	14.40 ± 4.88^{a}	11.20 ± 2.84^{b}	4.67 ± 1.50^{bc}	7.33 ± 1.77^{ab}
B. amylo.	3.20 ± 1.40^{cd}	15.47 ± 2.61^{a}	18.20 ± 7.84^{a}	5.50 ± 0.66^{ab}	4.63 ± 1.12^{b}
B. subtilis+	1.80 ± 0.40^{e}	6.83 ± 2.16^{c}	4.17 ± 1.80^{d}	2.83 ± 2.76^{cd}	4.43 ± 2.19^{b}
B. amylo.	1.90 ± 0.30^{e}	8.73 ± 2.95^{bc}	3.47 ± 1.00^{d}	1.53 ± 1.45^{d}	4.87 ± 1.29^{b}
T. asperellum+	2.83 ± 0.55^{d}	3.33 ± 0.85^{d}	7.70 ± 1.61^{c}	4.83 ± 2.36^{bc}	5.33 ± 0.91^{b}
B. subtilis	3.63 ± 0.78^{c}	4.63 ± 1.57^{d}	4.40 ± 2.21^{d}	3.73 ± 2.68^{c}	8.63 ± 2.16^{a}
T. asperellum+	3.00 ± 1.40^{cd}	4.37 ± 1.15^{d}	1.33 ± 0.36^{e}	7.93 ± 1.12^{a}	3.20 ± 0.50^{c}
B. amylo.	2.80 ± 0.79^{d}	6.37 ± 2.01^{c}	4.83 ± 1.47^{d}	4.47 ± 1.05^{bc}	3.70 ± 1.39^{bc}
F-Test	**	**	**	**	**

ผลการทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถลดความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1) โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ใช้กลุ่มจุลินทรีย์ร่วม (consortium) ในกลุ่ม T9 (Vc + *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* TU91) และ T8 (Vc + *T. asperellum* + *B. subtilis* TU05) ซึ่งสามารถควบคุมโรคให้มีค่าดัชนีความรุนแรงต่ำที่สุดอย่างต่อเนื่อง โดยในวันที่ 60 กลุ่ม T9 และ T8 มีค่าดัชนีความรุนแรงของโรคเพียงร้อยละ 25.0 ± 4.6 และ 27.8 ± 14.4 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มควบคุม (T1) มีดัชนีความรุนแรงพุ่งสูงถึงร้อยละ 91.7 ± 4.6 ประสิทธิภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานร่วมกัน (synergistic effect) ระหว่าง *T. asperellum* และ *Bacillus* spp. ที่ช่วยยับยั้งเชื้อ *Phytophthora palmivora* ผ่านการสร้างสารปฏิชีวนะ การแข่งขันแย่งชิงพื้นที่ และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของพืช ซึ่งเหนือกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (T2) หรือมูลไส้เดือนเดี่ยว (T3) นอกจากนี้ ตั้งแต่วันที่ 30 ซึ่งเป็นระยะวิกฤติของการเข้าทำลาย กลุ่ม T8 และ T9 สามารถชะลออัตราการระบาดได้อย่างชัดเจน บ่งชี้ว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถเจริญและสร้างเกราะป้องกันชีวภาพ (biological barrier) บริเวณเขตราก (rhizosphere) ได้อย่างมั่นคง ส่งผลให้ต้นทุเรียนมีความทนทานและสามารถจัดการโรคพืชได้อย่างยั่งยืน

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน ภายหลังการปลูกเชื้อ *Phytophthora palmivora* ร่วมกับการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์แต่ละสูตร

กรรมวิธี	ค่าดัชนีความรุนแรงของโรค (%)		
	ระยะเริ่มต้น (วันที่ 10)	จุดวิกฤติ (วันที่ 30)	ช่วงท้าย (วันที่ 60)
T1 (Control)	30.6 ± 8.2^{a}	69.4 ± 8.2^{a}	91.7 ± 4.6^{a}
T2 (Balanced Fertilizer)	8.3 ± 4.6^{bc}	58.3 ± 13.2^{b}	69.4 ± 12.7^{b}
T3 (Vermicompost)	16.7 ± 6.2^{ab}	66.7 ± 13.6^{a}	77.8 ± 16.2^{ab}
T4 (Vc + *T. asp.*)	16.7 ± 6.2^{ab}	55.6 ± 14.2^{bc}	63.9 ± 19.0^{c}
T5 (Vc + TU05)	13.9 ± 6.1^{b}	52.8 ± 18.2^{c}	55.6 ± 18.4^{cd}
T6 (Vc + TU91)	11.1 ± 0.0^{bc}	50.0 ± 9.2^{cd}	55.6 ± 17.1^{cd}
T7 (Vc + TU05 + TU91)	8.3 ± 2.4^{bc}	33.3 ± 13.0^{d}	52.8 ± 18.2^{d}
T8 (Vc + *T. asp* + TU05)	5.6 ± 2.8^{bc}	8.33 ± 2.4^{f}	27.8 ± 14.4^{e}
T9 (Vc + *T. asp* + TU91)	0.0 ± 0.0^{c}	13.9 ± 6.1^{ef}	25.0 ± 4.6^{ef}
T10 (Nontreat)	2.8 ± 2.4^{c}	11.1 ± 3.9^{ef}	13.9 ± 2.4^{f}
F-Test	**	**	**

ผลการทดลอง (ตารางที่ 3) พบว่าการประยุกต์ใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ส่งผลให้ต้นทุเรียนมีดัชนีการฟื้นตัวอย่างมีนัยสำคัญ โดยในวันที่ 60 กลุ่ม T9 (Vc + *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens* TU91) และ T8 (Vc + *T. asperellum* + *B. subtilis* TU05) มีค่าการฟื้นตัวสูงสุดที่ร้อยละ 65.0 ± 13.0 และ 55.0 ± 13.0 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มควบคุม (T1) มีค่าการฟื้นตัวเป็นศูนย์ (ร้อยละ 0.0 ± 0.0) และเกิดสภาวะทรุดโทรมรุนแรง การฟื้นตัวอย่างเด่นชัดในกลุ่ม T8 และ T9 บ่งชี้ว่าการทำงานร่วมกันของ *T. asperellum* และ *Bacillus* spp. สามารถยับยั้งการขยายตัวของแผลบริเวณระบบรากและโคนต้น ช่วยรักษาฟังก์ชันการทำงานของท่อน้ำและท่ออาหาร (vascular system) ส่งผลให้ต้นทุเรียนสามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารไปใช้ในการแตกใบอ่อนใหม่ได้ ต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ (T2) หรือมูลไส้เดือนเดี่ยว (T3) ที่มีอัตราการฟื้นตัวต่ำ เนื่องจากในสภาวะที่มีแรงกดดันจากโรคสูง การได้รับธาตุอาหารเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการฟื้นฟูสภาพต้น แต่จำเป็นต้องมีกลไกควบคุมชีววิธีควบคู่กันไป สรุปได้ว่า การผสมผสานจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงในวัสดุพาอินทรียวัตถุช่วยส่งเสริมศักยภาพในการฟื้นฟูต้นพืชและลดอัตราการยืนต้นตายหลังการติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีการฟื้นตัวของทุเรียน ภายหลังการปลูกเชื้อ *Phytophthora palmivora* ร่วมกับการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์แต่ละสูตร

กรรมวิธี	ค่าดัชนีการฟื้นตัวของพืช (%)		
	ระยะเริ่มต้น (วันที่ 10)	จุดวิกฤติ (วันที่ 30)	ช่วงท้าย (วันที่ 60)
T1 (Control)	15.0 ± 4.3^{b}	10.0 ± 8.7^{e}	0.0 ± 0.0^{f}
T2 (Balanced Fertilizer)	10.0 ± 5.0^{b}	35.0 ± 10.9^{cd}	25.0 ± 13.0^{de}
T3 (Vermicompost)	0.0 ± 0.0^{c}	20.0 ± 10.0^{de}	15.0 ± 13.0^{ef}
T4 (Vc + *T. asp.*)	15.0 ± 4.3^{b}	35.0 ± 14.8^{cd}	40.0 ± 20.0^{bcd}
T5 (Vc + TU05)	25.0 ± 4.3^{a}	45.0 ± 22.8^{bc}	35.0 ± 20.5^{cde}
T6 (Vc + TU91)	25.0 ± 4.3^{a}	50.0 ± 16.6^{bc}	40.0 ± 21.2^{bcd}
T7 (Vc + TU05 + TU91)	5.0 ± 4.3^{bc}	30.0 ± 15.0^{d}	40.0 ± 20.0^{bcd}
T8 (Vc + *T. asp* + TU05)	25.0 ± 4.3^{a}	65.0 ± 8.3^{ab}	55.0 ± 13.0^{abc}
T9 (Vc + *T. asp* + TU91)	10.0 ± 5.0^{b}	70.0 ± 11.2^{a}	65.0 ± 13.0^{a}
T10 (Nontreat)	5.0 ± 4.3^{bc}	45.0 ± 8.3^{bc}	35.0 ± 10.9^{cde}
F-Test	*	**	**

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาด้านความคงตัวของสูตรปุ๋ยหลังเก็บรักษานาน 4 เดือน พบว่าสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถรักษาประชากรจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยสูตรผสมร่วมระหว่าง *Trichoderma asperellum* และ *Bacillus subtilis* TU05 คงสภาพประชากรเชื้อได้ดีที่สุด คงเหลือปริมาณประชากรอยู่ที่ 5.33 ± 0.91 x 10^{6} และ 8.63 ± 2.16 x 10^{6} CFU/g ตามลำดับ รองลงมาคือสูตรผสมร่วมระหว่าง *T. asperellum* และ *Bacillus amyloliquefaciens* TU91 (3.20 ± 0.50 x 10^{6} และ 3.70 ± 1.39 x 10^{6} CFU/g ตามลำดับ)

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าจากการเข้าทำลายของ *Phytophthora palmivora* พบว่าสูตรปุ๋ยมูลไส้เดือนผสมร่วมระหว่าง *T. asperellum* และ *B. amyloliquefaciens* TU91 (T9) สามารถลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่งผลให้ค่าดัชนีความรุนแรงของโรคต่ำที่สุดเพียงร้อยละ 25.0 ± 4.6 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีที่ไม่ควบคุมโรค (T1) ที่มีค่าดัชนีความรุนแรงของโรคสูงถึงร้อยละ 91.7 ± 4.6 นอกจากนี้ สูตรดังกล่าวยังส่งเสริมการฟื้นตัวของต้นทุเรียนได้ดีที่สุด โดยมีค่าดัชนีการฟื้นตัวสูงถึงร้อยละ 65.0 ± 13.0 ในขณะที่กรรมวิธีต้นทุเรียนปกติ (T10) ปรากฏดัชนีการฟื้นตัวสภาพต้นเพียงร้อยละ 35.0 ± 10.9

จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่า ถ้าต้องการผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนที่สามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน 4 เดือนสำหรับการใช้งาน ควรใช้สูตรผสมร่วมระหว่าง *Trichoderma asperellum* และ *Bacillus subtilis* TU05 และถ้าต้องการใช้เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดของ *Phytophthora palmivora* ได้มีประสิทธิภาพสูงสุดควรใช้สูตรผสมร่วมระหว่าง *T. asperellum* และ *Bacillus amyloliquefaciens* TU91 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้นสำหรับต้นทุเรียนอายุ 1 ปี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

7. เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ ดาวงษ์. (2564). การพัฒนาและขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนในพื้นที่ภาคตะวันออก. รายงานโครงการวิจัยกรมการเกษตร. 8 น.

ปาณิสรา บุญช่วย. (2566). ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. *วารสารแก่นเกษตร*, *51*(3), 512–525.

นงลักษณ์ สุขประเสริฐ. (2564). การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีด้วยเชื้อรา *Trichoderma* spp.. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 52*(3), 241-252.

สมชาย จงรักษ์. (2566). เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยมูลไส้เดือนเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัญชัย นลินชัย. (2565). การสำรวจและการจัดการโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora palmivora. *วารสารโรคพืช*, *38*(2), 115-125.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2567. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรอนงค์ พรหมศร และ วิชัย ดีประเสริฐ. (2567). ประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis และ Bacillus amyloliquefaciens* ในการหลั่งสารปฏิชีวนะควบคุมเชื้อราน้ำสาเหตุโรคพืช. *วารสารไมโครไบโอลอยด์ประยุกต์*, *16*(1), 45-58.

Charlotte Hebebrand and Joseph Glauber. 2023. The Russia-Ukraine war after a year Impacts on fertilizer production, prices, and trade flows. Resource: https://www.ifpri.org/blog/russia-ukraine-war-after-year-impacts-fertilizer-production-prices-and-trade-flows. 6 June 2026.

Ko, W. H., & Chan, H. S. (1974). Zoospore aggregation in Phytophthora palmivora. *Journal of General Microbiology*, *84*(1), 112-116.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเกิดราก และการเจริญเติบโตของหางไหล (*Derris elliptica* (Wall.) Benth.)

เจริญ วัฒนผลทิพย์[1*] สุมน ศิริเลิศอมรสกุล[1] ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์[1] และชิติ ศรีตนทิพย์[1]

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
202 หมู่ที่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000 จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail: Jaroen@rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ : 083-041-5914

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเกิดรากและการเจริญเติบโตของหางไหล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ต้น ได้แก่ 1) น้ำเปล่า 2) น้ำยาเร่งรากบี 1 3) ฮิวมิค 4) น้ำยาเร่งรากบี 1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล และ 5) ฮิวมิคร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ดำเนินการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระหว่างเดือนพฤษภาคม–มิถุนายน 2569 โดยบันทึกข้อมูลร้อยละการเกิดยอด ร้อยละการเกิดราก ความยาวราก ความยาวยอด ความยาวใบ และความกว้างใบ ผลการทดลองพบว่า ร้อยละการเกิดราก ความยาวราก ขนาดใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี ขณะที่ร้อยละการเกิดยอดในสัปดาห์ที่ 3 และความยาวยอดในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ทำให้กิ่งชำหางไหลมีร้อยละการเกิดยอดสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 85.00 แต่ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำเปล่า ฮิวมิค และฮิวมิคร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ซึ่งมีร้อยละการเกิดยอดเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 70.00 - 75.00 ขณะที่ความยาวยอดในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 และการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ทำให้ความยาวยอด (1.26 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้ฮิวมิคร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล (0.9 เซนติเมตร) แต่ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำเปล่าและการใช้ฮิวมิค (1.11 และ 1.12 เซนติเมตร ตามลำดับ) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 มีแนวโน้มส่งเสริมการเกิดยอดของกิ่งชำหางไหล ขณะที่การใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 และการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลมีแนวโน้มส่งเสริมความยาวยอดได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น

คำสำคัญ หางไหล, การปักชำ, สารกระตุ้นการเกิดราก, ไมโคร/นาโนบับเบิล, การเกิดราก

Effects of Root-Promoting Substances and Micro/Nanobubble Water on Root Formation and growth of Derris (*Derris elliptica* (Wall.) Benth.)

Jharoen Watthanaphonthip[1*] Sumon Sirileisamonsakun[1] Parinyaadee Sritontip[1] and Chiti Sritontip[1]

[1] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 202 Phichai Subdistrict Mueang Lampang District Lampang Province, 52000

*E-mail: Jaroen@rmutl.ac.th, Tel: 083-041-5914

Abstract

This study aimed to compare the effects of root-promoting substances and micro/nanobubble water on root formation and growth of *Derris elliptica* stem cuttings. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and four replications, each consisting of 15 cuttings. The treatments were: (1) water (control), (2) B1 rooting solution, (3) humic acid, (4) B1 rooting solution combined with micro/nanobubble water, and (5) humic acid combined with micro/nanobubble water. The experiment was conducted at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, from May to June 2026. Data were collected on shoot emergence percentage, root emergence percentage, root length, shoot length, leaf length, and leaf width. The results showed that root emergence percentage, root length, leaf length, and leaf width were not significantly different among treatments. However, significant differences were observed in shoot emergence percentage during the third week and shoot length during the fourth week. The B1 rooting solution produced the highest shoot emergence percentage (85.00%), although it was not significantly different from the water control, humic acid, and humic acid combined with micro/nanobubble water, which resulted in shoot emergence percentages ranging from 70.00 to 75.00%. In the fourth week, both the B1 rooting solution and the B1 rooting solution combined with micro/nanobubble water produced the greatest shoot length (1.26 cm), which was significantly higher than that obtained with humic acid combined with micro/nanobubble water (0.90 cm), but not significantly different from the water control (1.11 cm) and humic acid treatment (1.12 cm). These findings suggest that the B1 rooting solution has the potential to promote shoot emergence in *Derris elliptica* stem cuttings, while both the B1 rooting solution alone and in combination with micro/nanobubble water tend to enhance shoot growth more effectively than the other treatments.

Keywords: Derris (*Derris elliptica* (Wall.) Benth.), Stem cuttings, Root-Promoting Substances, Micro/Nanobubble technology, Root formation

1. บทนำ

หางไหลแดง (*Derris elliptica* (Wall.) Benth.) เป็นพืชที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ ส่งผลให้มีความต้องการต้นพันธุ์ที่มีคุณภาพสำหรับการปลูกและการอนุรักษ์เพิ่มมากขึ้น การขยายพันธุ์หางไหลนิยมใช้วิธีการปักชำ เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และสามารถรักษาลักษณะทางพันธุกรรมของต้นแม่ได้ อย่างไรก็ตาม การปักชำกิ่งหางไหลมักประสบปัญหาเรื่องอัตราการเกิดรากที่ค่อนข้างต่ำหรือใช้เวลานาน ระบบรากที่พัฒนาขึ้นมาใหม่อาจไม่แข็งแรงพอ ส่งผลให้ต้นกล้ามีอัตราการรอดชีวิตต่ำในโรงเรือนเพาะชำ และเพิ่มต้นทุนในการจัดการของเกษตรกร นอกจากนี้ความสำเร็จของการปักชำขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดรากและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ซึ่งอาจแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม วัสดุปลูก และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการใช้สารกระตุ้นการเกิดรากจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขยายพันธุ์พืช ขณะเดียวกัน เทคโนโลยีน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลได้รับความสนใจในภาคการเกษตร เนื่องจากมีรายงานว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ร่วมกับสารกระตุ้นการเกิดรากในการขยายพันธุ์หางไหล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเกิดรากและการเจริญเติบโตของหางไหล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการขยายพันธุ์ การอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์จากหางไหลในเชิงเศรษฐกิจและการเกษตรต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หางไหลแดง (*Derris elliptica* (Wall.) Benth.) เป็นพืชในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) ที่พบกระจายพันธุ์ในเขตร้อนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย โดยรากของหางไหลแดงมีสารโรติโนน (rotenone) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชตามธรรมชาติ จึงได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นสารชีวภัณฑ์ทดแทนสารเคมีทางการเกษตร (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สนองพระราชดำริโดยมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, ม.ป.ป.; สิริพันธุ์ศรีจักรวาฬ และคณะ, 2547) นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจและควรได้รับการอนุรักษ์พันธุกรรมเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การผลิตต้นพันธุ์หางไหลแดงที่มีคุณภาพจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการขยายพื้นที่ปลูกและการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ โดยการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศด้วยวิธีปักชำเป็นวิธีที่สามารถรักษาลักษณะทางพันธุกรรมของต้นแม่ได้ดีกว่าการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด การเกิดรากจากอวัยวะอื่นของพืชที่มิใช่รากโดยตรง เช่น ลำต้น กิ่ง หรือใบ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการขยายพันธุ์พืชแบบไม่อาศัยเพศ โดยเฉพาะการปักชำ กระบวนการเกิดรากประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเหนี่ยวนำการเกิดราก (Induction) ระยะเริ่มต้นการเกิดราก (Initiation) และระยะการเจริญของราก (Expression) ซึ่งถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุกรรมของพืช ฮอร์โมนพืช สภาพแวดล้อม ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนบริเวณราก โดยความสามารถในการเกิดรากมีความสำคัญต่อความสำเร็จของการปักชำ เนื่องจากรากเป็นอวัยวะหลักในการดูดน้ำและธาตุอาหารเพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตของต้นอ่อน หากกิ่งปักชาสามารถสร้างรากได้รวดเร็วและแข็งแรง จะช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและการตั้งตัวของต้นพืชได้ดีขึ้น

สารกระตุ้นการเกิดรากที่มีประสิทธิภาพส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการทำงานของฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซิน (Auxin) ซึ่งมีบทบาทโดยตรงในการเหนี่ยวนำการเกิดรากพิเศษ (adventitious roots) กระตุ้นการแบ่งเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของเซลล์เป็นเนื้อเยื่อกำเนิดราก และส่งเสริมการพัฒนาของระบบราก ส่งผลให้กิ่งปักชำออก

รากได้รวดเร็วและมีคุณภาพดี (Taiz et al., 2018) วิตามินบี 1 หรือไทอะมีน (Thiamine) เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช ช่วยในการสร้างพลังงานและการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด จึงนิยมใช้เพื่อลดความเครียดของพืชหลังการย้ายปลูกหรือการปักชำ และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในระยะเริ่มต้นของพืช (ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2558) ส่วนกรดฮิวมิค (Humic acid) เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุ มีบทบาทในการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และส่งเสริมการพัฒนาระบบรากของพืช ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Canellas et al., 2015; ยงยุทธ โอสถสภา,2557) ไมโคร/นาโนบับเบิล (Micro/Nanobubbles) เป็นฟองก๊าซขนาดเล็กระดับไมโครเมตรและนาโนเมตรที่สามารถคงตัวอยู่ในน้ำได้นานกว่าฟองอากาศทั่วไป เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงและอัตราการลอยตัวต่ำ สามารถคงตัวอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน ส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ahmed et al., 2018) การมีออกซิเจนเพียงพอช่วยส่งเสริมการหายใจของเซลล์ราก ส่งผลให้พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารและสารส่งเสริมการเจริญเติบโตได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยของ Ebina et al. (2013) รายงานว่าน้ำนาโนบับเบิลสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่าน้ำทั่วไป ขณะที่ชิติ ศรีตนทิพย์ และคณะ (2561) รายงานว่า น้ำไมโคร/นาโนบับเบิล 5 นาที สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดคะน้าได้เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเพาะ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในด้านความสูงของต้นมากที่สุด และช่วยให้รากมีการเจริญเติบโตมากกว่าการรดน้ำเปล่า เช่นเดียวกับ จักรพงษ์ กางโสภา และคณะ (2565) ที่รายงานว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลสามารถช่วยเพิ่มความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้าได้ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีดังกล่าวในการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยการปักชำหางไหล มี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ รวม 20 หน่วยทดลอง โดยกำหนดให้ กระบะพลาสติก 1 ใบ เป็น 1 หน่วยทดลอง ภายในแต่ละกระบะบรรจุกิ่งปักชำจำนวน 15 กิ่ง ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า

กรรมวิธีที่ 2 น้ำยาเร่งรากบี 1

กรรมวิธีที่ 3 ฮิวมิค

กรรมวิธีที่ 4 น้ำยาเร่งรากบี 1 + น้ำไมโคร/นาโนบับเบิล 15 นาที

กรรมวิธีที่ 5 ฮิวมิค + น้ำไมโคร/นาโนบับเบิล 15 นาที

การเตรียมการทดลอง ในการเตรียมน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล โดยทำการปั๊มน้ำด้วยเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดเล็ก MNBs รุ่น KVM-25 (พัฒนาโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา) ที่มีอัตราการไหลของน้ำ 1.7 ลิตรต่อนาที การไหลของฟองอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ อัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที ขนาดไมโครบับเบิล 40-50 ไมโครเมตร ความเข้มข้น 60,000 บับเบิลต่อมิลลิลิตร และนาโนบับเบิล ขนาด 200-1,000 นาโนเมตร ความเข้มข้น 108-1,011 บับเบิลต่อมิลลิลิตร ระยะเวลา 15 นาที สำหรับกรรมวิธีที่ 2 ใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ยี่ห้อ Multi Start B1 ซึ่งประกอบด้วยวิตามันบี 1 0.10 % และอะมิโนแอซิค 3.50 % อัตราที่ใช้คือ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร กรรมวิธีที่ 3 ใช้ฮิวมิคชนิดน้ำที่ได้มาจากเหมืองแม่เมาะ ความเข้มข้น 30% อัตราที่ใช้คือ 0.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร กรรมวิธีที่ 4 นำน้ำไมโคร/

นาโนบับเบิลที่เตรียมไว้ไปผสมน้ำยาเร่งรากบี อัตราที่ใช้คือ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร และกรรมวิธีที่ 5 นำน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลที่เตรียมไว้ไปผสมกับฮิวมิค ความเข้มข้น 30% อัตราที่ใช้คือ 0.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร

ทำการทดลองที่สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง เดือนพฤษภาคม 2569 โดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

การเตรียมต้นพันธุ์ โดยใช้กิ่งพันธุ์หางไหลแดงจากต้นแม่พันธุ์ที่สมบูรณ์ จำนวน 20 ต้น โดยเลือกกิ่งกึ่งอ่อนกึ่งแก่ที่มีเปลือกสีน้ำตาลอมเขียว และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ตัดเป็นท่อนยาว 15–16 เซนติเมตร และตัดใบออกทั้งหมดก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลองโดยนำกิ่งพันธุ์ปักลงในฟองน้ำ จากนั้นย้ายไปติดตั้งบนแผ่นโฟมที่เจาะช่องปลูกจำนวน 15 หลุม แล้ววางแผ่นโฟมลงในกระบะพลาสติก ขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร สูง 8.5 เซนติเมตร ความจุ 6 ลิตร โดยทุกกรรมวิธีเติมสารละลายตามกรรมวิธีทดลองในปริมาตร 5 ลิตรต่อกระบะ การทดลองดำเนินการภายในโรงเรือนที่ติดตั้งพลาสติกพรางแสง เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมและสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการทดลอง

การบันทึกข้อมูล เริ่มบันทึกเมื่อกิ่งปักชำหางไหลมีอายุครบ 1 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ดังนี้

1. ร้อยละการเกิดยอด (ร้อยละ) โดยบันทึกจำนวนกิ่งปักชำที่เกิดยอดใหม่ โดยกำหนดให้กิ่งที่มียอดอ่อนโผล่พ้นตา ถือว่าเกิดยอด จากนั้นคำนวณเป็นร้อยละของจำนวนกิ่งปักชำทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี ดังสมการ ร้อยละการเกิดยอด = (จำนวนกิ่งที่เกิดยอด ÷ จำนวนกิ่งปักชำทั้งหมด) × 100

2. ร้อยละการเกิดราก บันทึกจำนวนกิ่งปักชำที่เกิดราก โดยกำหนดให้รากที่มีความยาวตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไป จำนวนอย่างน้อย 1 ราก ถือว่าเกิดราก จากนั้นคำนวณเป็นร้อยละของจำนวนกิ่งปักชำทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี ดังสมการ

ร้อยละการเกิดราก = (จำนวนกิ่งที่เกิดราก ÷ จำนวนกิ่งปักชำทั้งหมด) × 100

3. ความยาวราก (เซนติเมตร) วัดความยาวของรากที่ยาวที่สุดในแต่ละต้น จากโคนรากบริเวณจุดกำเนิดรากที่โคนกิ่งปักชำถึงปลายราก

4. ความยาวยอด (เซนติเมตร) วัดความยาวของยอดที่ยาวที่สุดในแต่ละต้น จากโคนยอดถึงปลายยอด

5. ความยาวใบย่อย (เซนติเมตร) วัดใบย่อยลำดับที่ 3 นับจากโคนใบของใบประกอบใบแรกที่เกิดจากยอด โดยวัดจากโคนใบย่อยถึงปลายใบย่อย

6. ความกว้างใบ (เซนติเมตร) วัดใบย่อยลำดับที่ 3 นับจากโคนใบของใบประกอบใบแรกที่เกิดจากยอด โดยวัดบริเวณที่กว้างที่สุดของแผ่นใบย่อยจากขอบใบด้านหนึ่งถึงอีกด้านหนึ่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

จากผลการทดลองลักษณะร้อยละการเกิดยอดพบว่าสัปดาห์ที่1 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสัปดาห์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 8.89 – 22.22 สัปดาห์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 45.00 – 65.00 และสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 90.00 – 96.67 ขณะที่ สัปดาห์ที่ 3 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ทำให้กิ่งชำหางไหลมีร้อยละการเกิดยอดมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 85.00 แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใช้น้ำเปล่า การใช้ฮิวมิคและการใช้ฮิวมิคร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.00 75.00 และ 70.00 ตามลำดับ ขณะที่การใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลมีร้อยละการเกิดยอดน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 60.00 (ตารางที่ 1)

ลักษณะร้อยละการเกิดรากพบว่าสัปดาห์ที่ 1 ยังไม่พบการเกิดราก โดยกิ่งชำเริ่มเกิดรากในสัปดาห์ที่ 2 อย่างไรก็ตาม ร้อยละการเกิดรากในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสัปดาห์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 38.33 – 63.33 สัปดาห์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 73.33 – 88.33 และสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 93.33 – 98.33 (ตารางที่ 2)

ลักษณะความยาวรากพบว่า กิ่งชำหางไหลเริ่มเกิดรากในสัปดาห์ที่ 2 อย่างไรก็ตาม ความยาวรากที่วัดได้ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสัปดาห์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.59 – 5.87 เซนติเมตร สัปดาห์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 9.60 – 13.66 เซนติเมตร และสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 13.54 – 15.92 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ลักษณะความยาวยอด พบว่า กิ่งชำหางไหลสัปดาห์ที่ 1 ยังเก็บข้อมูลไม่ได้ และเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป อย่างไรก็ตาม ความยาวยอดที่วัดได้ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในสัปดาห์ที่ 4 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยการใช้น้ำยาเร่งรากบี1 และการใช้น้ำยาเร่งรากบี1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ทำให้กิ่งชำหางไหลมีความยาวยอดเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าการใช้ฮิวมิคร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ที่มีความยาวยอดเฉลี่ยเท่ากับ 0.90 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใช้น้ำเปล่า และการใช้ฮิวมิค ซึ่งมีความยาวยอดเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 และ 1.12 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ลักษณะความยาวใบ พบว่าสัปดาห์ที่ 1 ทุกกรรมวิธียังไม่พบการเกิดใบใหม่ ส่วนในสัปดาห์ที่ 2 ทุกกรรมวิธีเริ่มมีการเกิดใบใหม่ ยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้น้ำเปล่า โดยความยาวใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.00–3.00 เซนติเมตร และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับสัปดาห์ที่ 3 และ 4 พบว่า ความยาวใบของทุกกรรมวิธียังคงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.09–4.94 เซนติเมตร และ 5.28–5.72 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ลักษณะความกว้างใบ พบว่าให้ผลสอดคล้องกับความยาวใบ โดยในสัปดาห์ที่ 1 ทุกกรรมวิธียังไม่พบการเกิดใบใหม่ ส่วนในสัปดาห์ที่ 2 ทุกกรรมวิธีเริ่มเกิดใบใหม่ ยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้น้ำเปล่า โดยมีความกว้างใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.30–2.00 เซนติเมตร และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ความกว้างใบของทุกกรรมวิธียังคงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.25–2.68 และ 3.21–3.53 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 1 ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเกิดยอด (ร้อยละ) สัปดาห์ที่ 1-4

กรรมวิธี	ร้อยละการเกิดยอด			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
น้ำเปล่า	11.67 ± 1.65	46.67 ± 4.71	70.00 ± 5.77 ab	93.33 ± 2.71
น้ำยาเร่งรากบี 1	20.00 ± 3.87	65.00 ± 5.00	85.00 ± 1.68 a	90.00 ± 3.33
ฮิวมิค	22.22 ± 4.47	51.67 ± 9.57	75.00 ± 5.00 ab	96.67 ± 3.33
น้ำยาเร่งรากบี 1 + ไมโคร/นาโนบับเบิล	13.33 ± 4.71	53.33 ± 9.43	60.00 ± 8.16 b	90.00 ± 6.39
ฮิวมิค + ไมโคร/นาโนบับเบิล	8.89 ± 2.20	45.00 ± 9.57	70.00 ± 1.91 ab	90.00 ± 1.91
F-test	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	20.41	14.73	14.23	8.36

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 2 ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเกิดราก (ร้อยละ) สัปดาห์ที่ 1-4

กรรมวิธี	ร้อยละการเกิดราก			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
น้ำเปล่า	0.00 ± 0.00	51.67 ± 8.78	81.67 ± 5.00	98.33 ± 1.68
น้ำยาเร่งรากบี 1	0.00 ± 0.00	48.33 ± 5.00	85.00 ± 4.20	95.00 ± 1.68
ฮิวมิค	0.00 ± 0.00	38.33 ± 5.01	73.33 ± 3.84	93.33 ± 2.71
น้ำยาเร่งรากบี 1 + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	63.33 ± 6.37	88.33 ± 5.00	96.67 ± 3.33
ฮิวมิค + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	58.33 ± 13.43	86.67 ± 4.71	95.00 ± 5.00
F-test	NA	ns	ns	ns
C.V. (%)	-	15.46	11.02	6.55

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)
NA หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูล (Non-analysis)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อความยาวราก (เซนติเมตร) สัปดาห์ที่ 1-4

กรรมวิธี	ความยาวราก (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
น้ำเปล่า	0.00 ± 0.00	5.05 ± 0.50	9.60 ± 0.80	13.54 ± 0.33
น้ำยาเร่งรากบี 1	0.00 ± 0.00	5.08 ± 0.27	9.62 ± 0.33	14.59 ± 0.27
ฮิวมิค	0.00 ± 0.00	4.59 ± 0.46	10.43 ± 0.64	13.75 ± 1.23
น้ำยาเร่งรากบี 1 + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	5.87 ± 0.05	13.66 ± 3.04	15.92 ± 0.72
ฮิวมิค + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	5.32 ± 1.13	10.05 ± 0.41	15.00 ± 0.53
F-test	NA	ns	ns	ns
C.V. (%)	-	9.30	10.10	9.71

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)
NA หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูล (Non-analysis)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อความยาวยอด (เซนติเมตร) สัปดาห์ที่ 1-4

กรรมวิธี	ความยาวยอด (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
น้ำเปล่า	0.00 ± 0.00	1.18 ± 0.26	0.96 ± 0.03	1.11 ± 0.05 ab
น้ำยาเร่งรากบี 1	0.00 ± 0.00	0.88 ± 0.08	1.16 ± 0.13	1.26 ± 0.13 a
ฮิวมิค	0.00 ± 0.00	1.12 ± 0.08	1.14 ± 0.08	1.12 ± 0.00 ab
น้ำยาเร่งรากบี 1 + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.24 ± 0.03	1.26 ± 0.03 a
ฮิวมิค + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	1.25 ± 0.29	1.03 ± 0.09	0.90 ± 0.05 b
F-test	NA	ns	ns	**
C.V. (%)	-	10.74	14.01	11.88

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)
NA หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูล (Non-analysis)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 5 ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อความยาวใบ (เซนติเมตร) สัปดาห์ที่ 1-4

กรรมวิธี	ความยาวใบ (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
น้ำเปล่า	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	4.94 ± 0.61	5.68 ± 0.34
น้ำยาเร่งรากบี 1	0.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	4.81 ± 0.27	5.28 ± 0.19
ฮิวมิค	0.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	4.09 ± 0.20	5.63 ± 0.14
น้ำยาเร่งรากบี 1 + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	4.32 ± 0.17	5.72 ± 0.32
ฮิวมิค + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	4.78 ± 0.59	5.29 ± 0.10
F-test	NA	ns	ns	ns
C.V. (%)	-	0.00	18.06	8.63

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)
NA หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูล (Non-analysis)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 ผลของสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลต่อความกว้างใบ (เซนติเมตร) สัปดาห์ที่ 1-4

กรรมวิธี	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
น้ำเปล่า	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.45 ± 0.28	3.53 ± 0.14
น้ำยาเร่งรากบี 1	0.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.62 ± 0.17	3.22 ± 0.16
ฮิวมิค	0.00 ± 0.00	1.30 ± 0.00	2.25 ± 0.16	3.21 ± 0.16
น้ำยาเร่งรากบี 1 + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.28 ± 0.03	3.33 ± 0.15
ฮิวมิค + ไมโคร/นาโนบับเบิล	0.00 ± 0.00	1.50 ± 0.00	2.68 ± 0.45	3.32 ± 0.12
F-test	NA	ns	ns	ns
C.V. (%)	-	0.00	7.67	8.78

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)
NA หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูล (Non-analysis)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า การใช้สารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลมีผลต่อการเจริญเติบโตของหางไหลแตกต่างกันบางลักษณะ โดยทำให้จำนวนยอดในสัปดาห์ที่ 3 และความยาวยอดในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ทำให้จำนวนยอดของหางไหลในสัปดาห์ที่ 3 สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับการใช้น้ำเปล่า การใช้ฮิวมิค และการใช้ฮิวมิคร่วมกับ

น้ำไมโคร/นาโนบับเบิล อาจเนื่องมาจากน้ำยาเร่งรากบี 1 มีส่วนประกอบหลักคือวิตามินบี 1 (Thiamine) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเซลล์และการแบ่งตัวของเซลล์พืช โดยมีบทบาทในการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมและการสร้างพลังงานภายในเซลล์ ส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชมีความสามารถในการแบ่งเซลล์และสร้างยอดใหม่ได้ดีขึ้น (ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2558) อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำเปล่า ฮิวมิค และฮิวมิคร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิล อาจเป็นเพราะหางไหลเป็นพืชที่มีศักยภาพในการแตกยอดได้ดีอยู่แล้ว และท่อนพันธุ์ของหางไหลที่นำมาศึกษาอาจยังมีปริมาณอาหารสะสมภายในเนื้อเยื่อที่เพียงพอต่อการแตกยอดอ่อน ที่เพียงแค่ได้รับความชื้นที่เหมาะสมจากการได้รับน้ำเปล่าพืชก็สามารถเจริญเติบโตได้ในระดับที่ใกล้เคียงกับการได้รับสารกระตุ้น หรือความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการศึกษาอาจยังไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างอย่างชัดเจน

การใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 และการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลพบว่าทำให้ความยาวยอดของหางไหลในสัปดาห์ที่ 4 สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำยาเร่งรากบี 1 ที่มีส่วนประกอบหลักคือวิตามินบี 1 มีส่วนสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม ช่วยลดความเครียดของพืชในระยะแรกของการปลูกหรือปักชำ และส่งเสริมการแบ่งเซลล์ นอกจากนี้ เมื่อผสานกับการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิล ซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) และมีขนาดฟองอากาศที่เล็กมาก (รุ่งระวี ทองดอนเอ, ม.ป.ป) จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้ดีขึ้น ส่งผลให้พืชมีพลังงานเพียงพอในการยืดตัวและสร้างยอดใหม่ได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับรายงานของ Ahmed et al. (2018) ที่พบว่าน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลสามารถเพิ่มออกซิเจนในบริเวณรากและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้พบว่าการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลไม่มีความแตกต่างกับการใช้น้ำเปล่า และฮิวมิค ชี้ให้เห็นว่าในระยะเริ่มต้นของการปักชำ ท่อนพันธุ์หางไหลยังคงอาศัยพลังงานจากสารอาหารสะสมภายในเนื้อเยื่อเป็นหลัก ซึ่งเพียงพอต่อการกระตุ้นการแตกยอดใหม่เมื่อได้รับความชื้นในระดับที่เหมาะสม และในส่วนของการใช้ฮิวมิค ที่พบว่ามีแนวโน้มส่งเสริมความยาวยอดได้ใกล้เคียงกับการใช้น้ำยาเร่งรากบี 1 ทั้งนี้เนื่องจากกรดฮิวมิคมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหาร กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และเพิ่มการเจริญเติบโตของระบบราก ซึ่งส่งผลทางอ้อมต่อการเจริญของส่วนเหนือดิน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2557) นอกจากนี้ การที่ลักษณะการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ ความยาวใบ รวมถึงจำนวนและความยาวของระบบราก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี แสดงให้เห็นว่าสารกระตุ้นการเกิดรากและน้ำไมโครนา/โนบับเบิลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าว ทั้งนี้อาจเนื่องจากหางไหลสามารถเจริญเติบโตด้านใบและรากได้ดีอยู่แล้วภายใต้สภาพการทดลอง ทำให้การตอบสนองต่อปัจจัยที่ศึกษาไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด ดังนั้น การใช้สารกระตุ้นการเจริญเติบโตร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลมีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกิ่งปักชำหางไหลแดงในบางลักษณะ แม้ว่าหลายตัวแปรจะไม่แตกต่างจากการใช้น้ำเปล่าทางสถิติ ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ในระดับเกษตรกรและเชิงพาณิชย์

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนสถานที่ในการดำเนินโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีสนองพระราชดำริโดยมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. (ม.ป.ป.). *หางไหลแดง*. สืบค้น 20 มิถุนายน 2569., จาก https://rspg.mfu.ac.th/plant-genetic-conservation/botany/detail/459.

จักรพงษ์ กางโสภา, อรัญญา สิงโสภา, นรารัตน์ ทาวงศ์ และสุรีมา จันต๊ะอินทร์. (2565). ไมโครนาโนบับเบิล: การไพรม์เมล็ดร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ต่อความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 27 (2).

ชิติ ศรีตนทิพย์, วิเชียร ผลแสง, วิษณุ ทองเล็ก, ชาญชัย เดชธรรมรงค์ และคิโยชิ โยชิคาวา. (2561). การประยุกต์ใช้ไมโคร/นาโนบับเบิลส์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(พิเศษ 1), 37-41.

ภาคภูมิ พระประเสริฐ. (2558). บทบาทของไทอะมีน (วิตามินบี 1) ในพืช. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 20(2), 221-231.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2557). การใช้สารเร่งเชิงชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. *วารสารดินและปุ๋ย*, 36(1-4).

รุ่งระวี ทองดอนเอ. (ม.ป.ป.). *เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ*. สืบค้น 20 มิถุนายน 2569., จาก https://e-cms.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2017/11/20171105093459_40143.pdf.

สิริพันธุ์ ศรีจักรวาฬ, พรรณีกา อัตตานนท์, สมพร สุริยันต์, สุพินญา บุญมานพ และปราโมทย์ เกิดศิริ. (2547). การเจริญเติบโตและผลผลิตของหางไหลแดงเมื่อปลูกในสถานที่ 3 แห่ง. *วารสารวิชาการเกษตร*, 22(2).

Ahmed, A. K. A., Shi, X., Hua, L., Manzueta, L., Qing, W., Marhaba, T., & Zhang, W. (2018). Influences of air, oxygen, nitrogen, and carbon dioxide nanobubbles on seed germination and plant growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(20), 5117-5124.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia horticulturae*, *196*, 15-27.

Ebina, K., Shi, K., Hirao, M., Hashimoto, J., Kawato, Y., Kaneshiro, S., Morimoto, T., Koizumi, K. & Yoshikawa, H. (2013). Oxygen and air nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, and mice. *PLoS One*, *8*(6), e65339.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. S. (2018). *Plant physiology and development* (International 6th ed.). Sinauer Associates, Inc., Publishers.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลของแตงโมในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

ณัจฉรียา จีระจริยาสกุล[1*], จิรภัทร สุตะพันธ์[1], ช่อผกา วงค์สอน[2], ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์[1,2] และชิติ ศรีตนทิพย์[1,2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง จังหวัดลำปาง 52000
[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail: nutchareeya.j@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลของแตงโมในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ การทดลองในสภาพโรงเรือน ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2569 ถึงเดือนเมษายน 2569 ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 4 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น คือ 1) EC 2.0 mS/cm 2) EC 2.0 mS/cm + MNBs 3) EC 2.5 mS/cm และ 4) EC 2.5 mS/cm + MNBs ผลการทดลองพบว่า การใช้ MNBs ร่วมกับค่า EC ทั้งสองระดับมีผลต่อการเจริญเติบโตของแตงโม โดยกรรมวิธี EC 2.0 mS/cm + MNBs และ EC 2.5 mS/cm + MNBs ให้ค่าความยาวเถาและความกว้างทรงพุ่มสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ MNBs ในช่วงปลายการเจริญเติบโต นอกจากนี้ กรรมวิธีดังกล่าวมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการออกดอก โดยมีการออกดอกแรกเร็วขึ้นและเพิ่มจำนวนดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มี MNBs ด้านผลผลิต พบว่าการใช้ MNBs ร่วมกับ EC ทั้งสองระดับให้ค่าน้ำหนักผลและความหนาเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ EC เพียงอย่างเดียว ขณะที่กรรมวิธี EC 2.5 mS/cm + MNBs ให้ค่าความเขียวใบสูงสุด จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การจัดการค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 2.0-2.5 mS/cm ร่วมกับการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์มีศักยภาพในการปรับปรุงการเจริญเติบโต การออกดอก ผลผลิต และคุณภาพผลของแตงโมในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติม เพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: แตงโม, ค่าการนำไฟฟ้า, การปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์, น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai

Effects of Electrical Conductivity and Micro/Nanobubble Water in Nutrient Solution on the Growth and Fruit Quality of Watermelon in Hydroponic Culture

Nutchareeya Jeerajariyasakul[1*], Jirapat Sutapan[1], Chorpaka Wongsorn[2], Parinyawadee Sritontip[1,2], and Chiti Sritontip[1,2]

[1] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Lampang 52000

[2] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

*E-mail: nutchareeya.j@gmail.com

Abstract

This study investigated the effects of electrical conductivity (EC) and micro/nanobubble (MNB) water in nutrient solution on the growth and fruit quality of watermelon in hydroponic culture. The experiment was conducted under greenhouse conditions from February to April 2026 at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand. A completely randomized design (CRD) with four treatments and ten replications (one plant per replication) was used. The treatments were as follows: 1) EC 2.0 mS/cm, 2) EC 2.0 mS/cm combined with MNBs, 3) EC 2.5 mS/cm, and 4) EC 2.5 mS/cm combined with MNBs. The results showed that both EC levels combined with MNBs resulted in greater vine length and canopy width than the treatments without MNBs during the late growth stage. In addition, these treatments tended to promote reproductive development by reducing days to first flowering and increasing the number of male and female flowers compared with the treatments without MNBs. Regarding yield performance, the application of MNBs combined with both EC levels resulted in higher fruit weight and flesh thickness than those obtained with EC treatments alone. The EC 2.5 mS/cm + MNBs treatment exhibited the highest leaf greenness value. These findings indicate that maintaining EC levels within the range of 2.0–2.5 mS/cm in combination with MNB technology has the potential to improve vegetative growth, flowering, yield, and fruit quality of watermelon in hydroponic culture. However, further studies on production costs and economic feasibility are required to evaluate the suitability of this technology for commercial-scale production.

Keywords: Watermelon, Electrical conductivity, Hydroponic culture, Micro/Nanobubbles, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai

1. บทนำ

แตงโม (Watermelon) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการส่งออกไปยังหลายประเทศในเอเชียและยุโรป และมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2565-2568 (กรมศุลกากร, 2569) สะท้อนถึงศักยภาพของแตงโมไทยในตลาดต่างประเทศ นอกจากนี้ แตงโมยังเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีรสชาติหวานและอุดมด้วยสารสำคัญ เช่น ไลโคปีนและซิทรูลีน ซึ่งมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระและส่งเสริมสุขภาพ (Hossain et al., 2025; Figueroa et al., 2010; Manivannan & Prathapan, 2020) อย่างไรก็ตาม การผลิตแตงโมในระบบดินยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะการปลูกซ้ำในพื้นที่เดิม ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อสาเหตุโรคในดิน โดยเฉพาะโรคเหี่ยวที่เกิดจาก *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (FON) ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต (Wu et al., 2013) ระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นทางเลือกในการผลิตพืชที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมบริเวณรากและการจัดการสารละลายธาตุอาหารได้อย่างแม่นยำ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารและลดข้อจำกัดจากการปลูกในระบบดิน โดยค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) เป็นดัชนีสำคัญที่ใช้ประเมินความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งมีผลต่อสมดุลการดูดน้ำ การดูดใช้ธาตุอาหาร การเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของพืช สำหรับแตงโม (Citrullus lanatus) ซึ่งเป็นพืชตระกูลแตงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นสูงและมีความต้องการธาตุอาหารในช่วงการพัฒนาผล การจัดการระดับ EC ของสารละลายธาตุอาหารจึงมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผล โดย Watanabe et al. (2001) รายงานว่า การเพิ่มระดับ EC ในสารละลายธาตุอาหารระหว่างระยะพัฒนาผลของแตงโมส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงและน้ำหนักผลลดลง ขณะที่ Tomiyama et al. (2023) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารในระยะพัฒนาผลสามารถส่งเสริมการสะสมน้ำตาลในผลแตงโมได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ EC ในระดับสูงเกินความเหมาะสมอาจก่อให้เกิดความเครียดจากความเข้มข้นของสารละลาย ส่งผลกระทบต่อการดูดน้ำ การดูดใช้ธาตุอาหาร และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป ความต้องการค่า EC ของพืชตระกูลแตงที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์มีความแตกต่างกันตามชนิดพืชและระยะการเจริญเติบโต เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารและการตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารแตกต่างกัน (Hossain et al., 2025) โดยการกำหนดระดับ EC ที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและปรับปรุงคุณภาพผลผลิตของแตงโมในระบบไฮโดรโปนิกส์ (Watanabe et al., 2001) นอกจากการจัดการระดับธาตุอาหารแล้ว น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (Micro/Nano Bubbles; MNBs) ได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในสารละลาย ส่งเสริมการหายใจของราก (root respiration) และการสร้างพลังงานในรูป ATP ซึ่งจำเป็นต่อการลำเลียงธาตุอาหารแบบใช้พลังงาน (active transport) ส่งผลให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Kim et al., 2023; Zhang et al., 2024) อย่างไรก็ตาม แม้จะมีรายงานผลของการจัดการค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) และการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (Micro/Nano Bubbles; MNBs) แยกจากกัน แต่ข้อมูลเกี่ยวกับผลร่วมของทั้งสองปัจจัยต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลของแตงโมในระบบไฮโดรโปนิกส์ยังมีจำกัด โดยเฉพาะการกำหนดระดับ EC ที่เหมาะสมภายใต้สภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้นจากเทคโนโลยี MNBs ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระดับค่าการนำไฟฟ้าและการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลของแตงโมในระบบไฮโดรโปนิกส์

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แตงโม (Citrullus lanatus) เป็นพืชตระกูลแตงที่มีลำต้นเป็นเถาเลื้อย ใบเว้าลึกเป็นแฉก และมีขนอ่อนปกคลุมทั่วทั้งลำต้นและใบ ผลมีลักษณะหลากหลาย ทั้งทรงกลม กลมรี และทรงกระบอก เปลือกแข็ง สีเขียวหลายเฉดหรือมีลวดลาย เนื้อผลมีรสหวาน ฉ่ำน้ำ และมีเมล็ดขนาดเล็กอยู่ภายใน (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน, 2558) นอกจากนี้แตงโมยังเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ เช่น วิตามินเอ แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงสารซิทรูลีน (citrulline) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบไหลเวียนโลหิตและการขับของเสียในร่างกาย ส่งผลให้แตงโมมีความสำคัญทั้งด้านโภชนาการและเศรษฐกิจ (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน, 2558) การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แต่ใช้สารละลายธาตุอาหารเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืช ทำให้พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้โดยตรง ส่งผลให้การใช้น้ำและธาตุอาหารมีประสิทธิภาพสูง ลดปัญหาโรคจากดิน และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตได้อย่างเหมาะสม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) การจัดการสารละลายธาตุอาหาร โดยเฉพาะค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยค่า EC เป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลาย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช หากค่า EC สูงเกินไปจะทำให้ศักย์ออสโมติกของสารละลายลดลง รากดูดน้ำได้ยาก เกิดภาวะความเครียดออสโมซิส ส่งผลให้การขยายตัวของเซลล์ การเจริญเติบโต และการสะสมชีวมวลลดลง (Munns & Tester, 2008; Taiz et al., 2015) ปัจจุบัน ระบบไฮโดรโปนิกส์มีหลายรูปแบบ เช่น Nutrient Film Technique (NFT), Deep Flow Technique (DFT) และ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและธาตุอาหาร รวมทั้งลดการสูญเสียจากการชะล้าง (ชิติ ศรีตนทิพย์, 2556; สมศักดิ์ เพ็งพิศ, 2566) ดังนั้น การกำหนดระดับค่า EC ที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์

น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (Micro/Nano Bubbles; MNBs) เป็นนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยฟองอากาศขนาดเล็กมากมีคุณสมบัติเด่น ได้แก่ พื้นที่ผิวจำเพาะสูง ความเร็วในการลอยตัวต่ำ มีประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลสูง และสามารถคงตัวในสารละลายได้นาน (Zhao et al., 2025) ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการละลายของออกซิเจนและเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Kizhisseri et al., 2025) การเพิ่มปริมาณออกซิเจนในบริเวณรากช่วยส่งเสริมการหายใจของราก (root respiration) ทำให้มีการสร้างพลังงานในรูป ATP เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นพลังงานสำคัญสำหรับการลำเลียงธาตุอาหารแบบใช้พลังงาน (active transport) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ราก ส่งผลให้พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ สภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอยังช่วยกระตุ้นการเจริญของราก ลดภาวะเครียดจากการขาดออกซิเจน และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคในระบบราก (Seridou & Kalogerakis, 2021; Kim et al., 2023) เมื่อใช้ MNBs ร่วมกับการควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร ส่งเสริมการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต และการสะสมชีวมวล ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพของพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Mamun & Islam, 2025; Abbaszadeh, 2024) ทั้งนี้ มีรายงานว่าการใช้ MNBs ร่วมกับระดับ EC ที่เหมาะสมสามารถเพิ่มขนาดและน้ำหนักผลผลิตของมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ (Thichuto et al., 2022)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการทดลอง CRD โดยมีกรรมวิธีการทดลอง 4 กรรมวิธี ทำการทดลองกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น

กรรมวิธีที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) 2.0 mS/cm

กรรมวิธีที่ 2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) 2.0 mS/cm + MNBs

กรรมวิธีที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) 2.5 mS/cm

กรรมวิธีที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) 2.5 mS/cm + MNBs

วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการเพาะต้นกล้าแตงโม (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) พันธุ์กินรี โดยนำเมล็ดพันธุ์แตงโมแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำเมล็ดมาบ่มอีก 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเมล็ดลงในถาดเพาะจำนวน 104 หลุม เมื่อต้นกล้าอายุ 10-14 วัน (ใบจริง 2 ใบ)

2. ทำการเตรียมสารละลายธาตุอาหารโดยใช้สารละลายธาตุอาหารจากสูตร Huett (2003) and Sritontip et al. (2017) เติมสารละลายลงในภาชนะบรรจุสารละลายธาตุอาหารในปริมาณ 150 ลิตร ในการทดลองจะมีการปรับค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่กำหนด และปรับค่า pH ให้ค่าอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ส่วนกรรมวิธีที่มีการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ จะทำการปั๊มน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไมโคร/นาโนบับเบิลส์ จากนั้นทำการย้ายปลูกต้นกล้าแตงโมที่เตรียมไว้ ลงในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยนำต้นกล้าใส่ลงถ้วยปลูก แล้วนำฟองน้ำขนาด 2×2 นิ้ว ใส่ลงในถ้วยปลูก เพื่อพยุงลำต้นของต้นกล้า

3. สำหรับกรรมวิธีที่ใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (Micro/Nano Bubbles; MNBs) ใช้เครื่องกำเนิดไมโคร/นาโนบับเบิลส์ รุ่น KVM25 ซึ่งพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีอัตราการไหลของน้ำ 25 ลิตรต่อนาที และอัตราการไหลของอากาศ 2 ลิตรต่อนาที สามารถผลิตไมโครบับเบิลส์ขนาด 10-50 ไมโครเมตร และนาโนบับเบิลส์ขนาดน้อยกว่า 200 นาโนเมตร เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในสารละลายธาตุอาหาร โดยทำการปั๊มสารละลายธาตุอาหารผ่านเครื่องกำเนิด MNBs ในช่วงเช้าของทุกวัน เป็นเวลา 10 นาที ตลอดระยะเวลาการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

1. การเจริญเติบโตทางลำต้น โดยทำการวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ได้แก่ ความยาวเถา (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (มิลลิเมตร) และความกว้างทรงพุ่มของต้น (เซนติเมตร)

2. การเจริญเติบโตทางใบ ได้แก่ จำนวนใบ/ข้อ (ข้อ) ความกว้างใบ (เซนติเมตร) และความยาวใบ (เซนติเมตร) ในตำแหน่งใบที่ 9

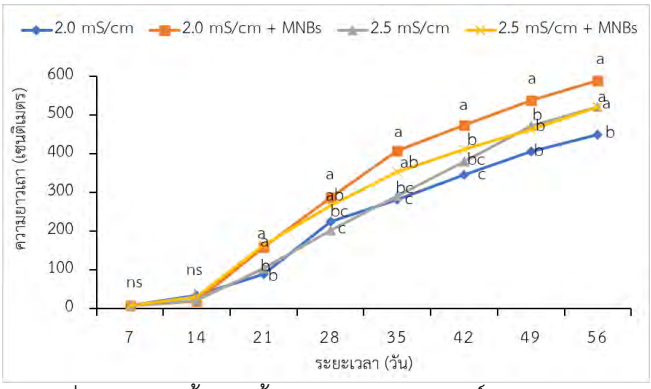
3. การออกดอก ได้แก่ ระยะเวลาที่ดอกแรกบาน (วัน) และจำนวนดอกต่อต้น (ดอก) โดยแยกดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย

4. การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยา ได้แก่ ความเขียวของใบ โดยใช้เครื่องมือ Konica Minolta รุ่น SPAD 502 plus และประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ เครื่องวัดประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll fluorescence) โดยใช้เครื่องมือ Hansatech instruments รุ่น Handy PEA Plus ver. 02

5. ข้อมูลผลผลิต ได้แก่ ขนาดผล (เซนติเมตร) น้ำหนักต่อผล (กิโลกรัม) ความหนาของเนื้อผล (เซนติเมตร) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อผลแตงโมหยดลงบน Hand refractometer แล้วอ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่นัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

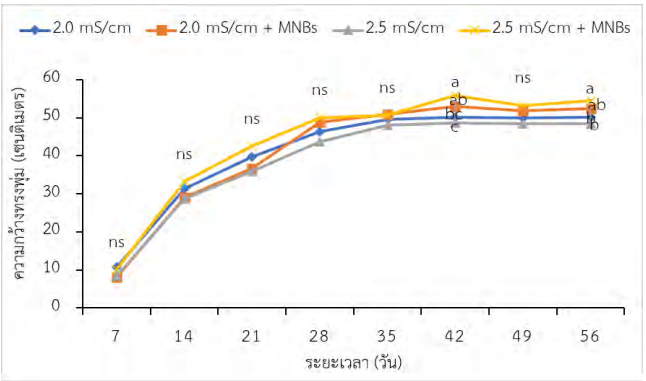
4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ความยาวเถาของต้นแตงโมในช่วง 7-14 วันหลังย้ายปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ขณะที่ช่วง 21-56 วันหลังย้ายปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ร่วมกับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เหมาะสมมีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ MNBs (ภาพที่ 1)



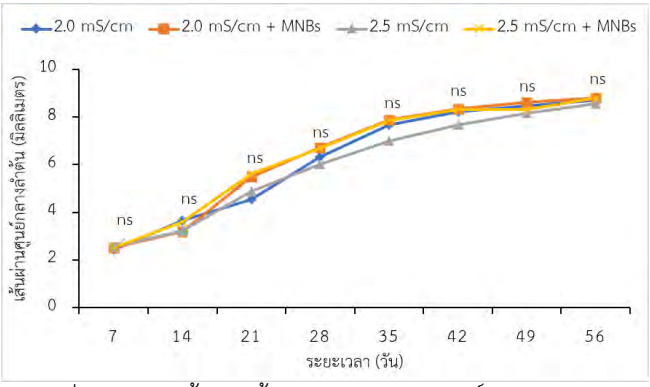
ภาพที่ 1 ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อความยาวเถาของต้นแตงโม ที่อายุ 7-56 วันหลังย้ายปลูก

ผลการศึกษาพบว่า ความกว้างทรงพุ่มของต้นแตงโมในช่วง 7-35 วัน และ 49 วันหลังย้ายปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ขณะที่อายุ 42 และ 56 วันหลังย้ายปลูก พบความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$ ตามลำดับ) โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ร่วมกับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ระดับ 2.0 และ 2.5 mS/cm มีแนวโน้มให้ความกว้างทรงพุ่มมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ MNBs (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นแตงโม ที่อายุ 7-56 วันหลังย้ายปลูก

ผลการศึกษาพบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นแตงโมในช่วง 7-56 วันหลังย้ายปลูกไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าระดับค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขนาดของลำต้นอย่างชัดเจนภายใต้สภาพการทดลองนี้ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นแตงโม ที่อายุ 7-56 วันหลังย้ายปลูก

ผลการศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการใช้ไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนข้อ ขนาดใบ ความเขียวใบ และประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ พบว่า จำนวนข้อต่อต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี ($P > 0.05$) ขณะที่ขนาดใบ ความเขียวใบ และประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) การเพิ่มระดับ EC ส่งผลต่อการขยายตัวของใบ โดยกรรมวิธีที่ใช้ EC 2.5 mS/cm มีแนวโน้มทำให้ขนาดใบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ซึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่สูงขึ้นทำให้ศักย์ออสโมติกของสารละลายลดลง ส่งผลต่อการดูดน้ำและการขยายตัวของเซลล์ใบ อย่างไรก็ตาม การใช้ EC 2.5 mS/cm ร่วมกับ MNBs สามารถเพิ่มค่าความเขียวใบได้ แสดงให้เห็นว่าออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นในระบบรากอาจช่วยส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหาร

โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ สำหรับประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ พบว่า EC 2.0 mS/cm มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารและการเติมออกซิเจนในระบบรากมีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสง ทั้งนี้การใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ อาจช่วยเพิ่มสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของรากและการใช้ธาตุอาหาร ส่งผลต่อการรักษาประสิทธิภาพของระบบสังเคราะห์แสงของพืช (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อจำนวนข้อ ขนาดใบ ความเขียวใบ และประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์

กรรมวิธี	จำนวนข้อ (ข้อ)	ขนาดของใบ (เซนติเมตร)		ความเขียวของใบ (SPAD Unit)	ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ (Fv/Fm)
		ความกว้างใบ	ความยาวใบ		
2.0 mS/cm	26.76	18.53 a	20.47 a	53.02 b	0.76 b
2.0 mS/cm + MNBs	29.13	19.04 a	21.75 a	52.95 b	0.77 a
2.5 mS/cm	25.70	16.18 b	18.02 b	53.41 b	0.78 a
2.5 mS/cm + MNBs	28.74	18.58 a	20.41 a	53.92 a	0.78 a
F-test	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	14.47	9.91	8.88	0.97	1.30

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ผลการศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ในสารละลายธาตุอาหารต่อการออกดอกของแตงโม พบว่า อายุการออกดอกแรกบานและจำนวนดอกต่อต้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ระหว่างกรรมวิธี โดยการใช้ MNBs ร่วมกับ EC ระดับ 2.0 และ 2.5 mS/cm มีแนวโน้มส่งเสริมให้ต้นแตงโมเข้าสู่ระยะออกดอกได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น นอกจากนี้ กรรมวิธี EC 2.5 mS/cm ร่วมกับ MNBs ส่งเสริมการเพิ่มจำนวนดอกเพศผู้และดอกเพศเมียต่อต้นสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารร่วมกับระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมอาจช่วยส่งเสริมกระบวนการเจริญทางสืบพันธุ์ของแตงโม โดย MNBs ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบรากและการดูดใช้ธาตุอาหาร ขณะที่ EC ที่เหมาะสมช่วยสนับสนุนการสะสมธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการพัฒนาดอก (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่ออายุของดอกแรกบานและจำนวนดอกของแตงโม

กรรมวิธี	อายุการออกดอกแรกบาน (วัน)	จำนวนดอกต่อต้น (ดอก)	
		ดอกเพศผู้	ดอกเพศเมีย
2.0 mS/cm	19.90 a	15.50 c	3.70 c
2.0 mS/cm + MNBs	17.80 c	21.90 b	4.50 b
2.5 mS/cm	18.20 b	21.80 b	3.90 c
2.5 mS/cm + MNBs	17.62 c	24.80 a	5.60 a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	5.76	8.19	14.04

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ผลการศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ในสารละลายธาตุอาหารต่อผลผลิตของแตงโม พบว่า น้ำหนักผล ขนาดผล ความหนาเนื้อผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ระหว่างกรรมวิธี โดยการใช้ MNBs ร่วมกับ EC ระดับ 2.0 และ 2.5 mS/cm มีแนวโน้มส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักผลและความหนาเนื้อผล ซึ่งสะท้อนถึงการสะสมชีวมวลและการพัฒนาของเนื้อผลที่ดีขึ้น การใช้ EC ระดับ 2.0 mS/cm ทั้งในสภาวะที่ใช้และไม่ใช้ MNBs ส่งผลให้ขนาดผลเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมช่วยสนับสนุนการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการขยายขนาดของผล อย่างไรก็ตาม EC ระดับ 2.5 mS/cm มีแนวโน้มทำให้ความหนาเนื้อผลลดลงในบางส่วนของผล ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลายที่สูงขึ้นและผลกระทบต่อสมดุลน้ำภายในพืช สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ EC ระดับ 2.0 mS/cm มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น แสดงให้เห็นว่าระดับ EC ที่ส่งเสริมการขยายขนาดและน้ำหนักผลอาจไม่ส่งผลโดยตรงต่อการสะสมของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของค่าการนำไฟฟ้าและน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ในสารละลายธาตุอาหารต่อผลผลิตของแตงโม

กรรมวิธี	น้ำหนักต่อผล (กิโลกรัม)	ขนาดผล (เซนติเมตร)		ความหนาเนื้อผล (เซนติเมตร)		ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (บริกซ์)
		กว้างผล	ยาวผล	กว้างผล	ยาวผล	
2.0 mS/cm	2.65 b	18.83 a	21.82 a	15.98 a	18.90 b	7.00 b
2.0 mS/cm + MNBs	2.95 a	18.35 a	22.11 a	16.18 a	20.20 a	7.75 a
2.5 mS/cm	1.90 c	15.15 c	19.06 c	13.85 b	17.75 c	7.50 a
2.5 mS/cm + MNBs	2.88 a	16.38 b	20.73 b	16.13 a	20.80 a	7.75 a
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.66	3.13	1.65	5.14	2.47	2.83

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาผลของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ (MNBs) ในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลของแตงโม พบว่า ในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต (7-14 วันหลังย้ายปลูก) ความยาวเถาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าพืชอยู่ในระยะปรับตัวหลังการย้ายปลูก และระบบรากยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ในช่วง 21-56 วันหลังย้ายปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ร่วมกับค่า EC 2.0 และ 2.5 mS/cm มีแนวโน้มส่งเสริมการเพิ่มความยาวเถาของต้นมากกว่าบางกรรมวิธี สอดคล้องกับ Takahashi et al. (2007) ที่รายงานว่าน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์อาจมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ซึ่งอาจส่งผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณราก ด้านความกว้างทรงพุ่ม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปลายการเจริญเติบโต โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ร่วมกับค่า EC 2.0 และ 2.5 mS/cm ให้ค่าความกว้างทรงพุ่มสูงกว่าบางกรรมวิธี ขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของลักษณะการเจริญเติบโตแต่ละลักษณะอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมร่วมกัน สำหรับลักษณะทางสรีรวิทยา พบว่าค่า EC 2.5 mS/cm ส่งผลให้ขนาดใบลดลง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่สูงขึ้นและการเกิดความเครียดออสโมติก (osmotic stress) ตามแนวคิดของ Taiz et al. (2015) อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ร่วมกับค่า EC 2.5 mS/cm ทำให้ค่าความเขียวของใบเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มี MNBs ซึ่งอาจสะท้อนถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาพการทดลองนี้ ด้านการออกดอก พบว่าการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ร่วมกับค่า EC 2.0 และ 2.5 mS/cm มีแนวโน้มช่วยให้ดอกแรกบานเร็วขึ้นและมีจำนวนดอกมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับบางกรรมวิธี ส่วนด้านผลผลิต พบว่ากรรมวิธีดังกล่าวให้ค่าน้ำหนักผลและความหนาเนื้อสูงกว่า ในขณะที่ค่า EC 2.0 mS/cm เพียงอย่างเดียวให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Zhang et al. (2024) ที่รายงานว่าการจัดการสารละลายธาตุอาหารร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์อาจช่วยปรับปรุงคุณภาพผลได้

สรุปผลการทดลอง พบว่าการจัดการค่าการนำไฟฟ้า (EC) ร่วมกับการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ มีผลต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยา การออกดอก และคุณภาพผลของแตงโมบางลักษณะ โดยกรรมวิธีที่ใช้ค่า EC 2.0 และ 2.5 mS/cm ร่วมกับน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ มีแนวโน้มให้ผลดีในด้านความยาวเถา ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนดอก น้ำหนักผล และความหนาเนื้อ อย่างไรก็ตาม ผลตอบสนองของพืชแตกต่างกันตามลักษณะที่ศึกษา โดยบางลักษณะ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้น จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ให้ผลดีที่สุดในทุกลักษณะ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ร่วมกับการควบคุมค่า EC ในช่วง 2.0-2.5 mS/cm มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแตงโมในระบบไฮโดรโปนิกส์ ภายใต้เงื่อนไขของการทดลองนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. เกษตรกรผู้ปลูกแตงโมในระบบไฮโดรโปนิกส์สามารถพิจารณาใช้ค่า EC ในช่วง 2.0-2.5 mS/cm ร่วมกับการใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลส์ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพผลภายใต้สภาพการจัดการที่ใกล้เคียงกับการทดลอง

2. ก่อนนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ควรประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Cost-benefit analysis) โดยเปรียบเทียบต้นทุนของเครื่องกำเนิดไมโคร/นาโนบับเบิลส์ ค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษา กับมูลค่าของผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการลงทุน

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.ชิติ ศรีตนทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้างานวิจัย ผู้ซึ่งกรุณาเสียสละเวลา ให้ความรู้ ให้คำแนะนำในเรื่องการศึกษาค้นคว้างานวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขการค้นคว้างานวิจัยนี้กระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และอำนวยสะดวกในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. (2569). *สถิติการส่งออกสินค้าเกษตรของประเทศไทย ปี 2565-2568*. กรุงเทพฯ: กรมศุลกากร.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture)*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชิติ ศรีตนทิพย์. (2556). *การปลูกพืชไร้ดิน*. สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.

ชิติ ศรีตนทิพย์, วิเชียร ผลแสง, วิษณุ ทองเล็ก, ชาญชัย เดชธรรมรงค์, และคิโยชิ โยชิคาวา. (2561). การประยุกต์ใช้ไมโคร/นาโนบับเบิลส์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49 (1)* ฉบับพิเศษ: 37-41.

สมศักดิ์ เพ็งพิศ. (2566). การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์เชิงพาณิชย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรก้าวหน้า.

องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน. (2558). *แตงโม: คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์*. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

Abbaszadeh, A. (2024). *Application of nanobubble technology in hydroponic systems for improving plant growth and nutrient uptake*. Journal of Agricultural Science and Technology, *18*(2), 145-158.

Figueroa, A., Sanchez-Gonzalez, M. A., & Perkins-Veazie, P. M. (2010). Watermelon supplementation improves arterial function and reduces blood pressure in prehypertensive individuals. American Journal of Hypertension, 23(7), 734-740.

Hossain, M. F., et al. (2025). Nutritional and medicinal properties of watermelon (Citrullus lanatus): A review. Journal of Food Composition and Analysis.

Huett, D.O. 2003. Managing nutrient solutions in hydroponics. NSW Industry and Investment. Orange.

Kim, H. J., et al. (2023). Effects of micro/nano bubbles on plant growth in hydroponic systems. *Agricultural Water Management, 280*, 108207.

Kizhisseri, M. I., Sakr, M., Maraqa, M., & Mohamed, M. M. (2025). *A comparative bench scale study of oxygen transfer dynamics using micro-nano bubbles and conventional aeration in water treatment systems*. Heliyon, 11(4), e41687.

Mamun, M. A., & Islam, M. S. (2025). Combined effects of electrical conductivity and nanobubble technology on hydroponic crop production. *Scientia Horticulturae, 330*, 112345.

Manivannan, A., & Prathapan, K. (2020). Bioactive compounds in watermelon and their health benefits. *Food Chemistry, 308*, 125653.

Munns, R., & Tester, M. (2008). *Mechanisms of salinity tolerance*. *Annual Review of Plant Biology, 59*, 651-681.

Seridou, P., & Kalogerakis, N. (2021). Applications of nanobubbles in environmental and agricultural systems: A review. Journal of Environmental Management, 280, 111-123.

Sritontip, C., Changjeraja, C., Khaosumain, Y., Panthachod, S., Sritontip, P. and Lasak, S. 2017. Low-cost soilless cultivation (1st ed.). Chiang Mai, Rajamangala University of Technology Lanna.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates.

Takahashi, M., Chiba, K., & Li, P. (2007). Free-radical generation from collapsing microbubbles in the absence of a dynamic stimulus. *The Journal of Physical Chemistry B*, 111(6), 1343-1347.

Thichuto, P., Chaichana, C., & Suraninpong, P. (2022). Effects of electrical conductivity and micro/nano bubbles on growth and yield of cherry tomato in hydroponic systems. *Agriculture and Natural Resources, 56*(4), 789-798.

Tomiyama, S., Yakushiji, H., Osawa, M., Yanagida, K., Sato, N., Matsumoto, Y., & Ikeda, T. (2023). *Active sugar accumulation and water status of watermelon fruit grown under different nutrient concentrations in hydroponic culture.* HortScience, 58(5), 488-494. DOI: 10.21273/HORTSCI17026-22

Watanabe, S., Sakamoto, Y., & Okano, K. (2001). *Soilless culture of watermelon [Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. et Nakai], and salinity effects on fruit development and soluble solids content.* Acta Horticulturae, 559, 575-580. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.559.84

Wu, H.-S., Gao, Z.-Q., Zhou, X.-D., Shi, X., Wang, M.-Y., Shang, X.-X., Liu, Y.-D., Gu, D.-L., & Wang, W.-Z. (2013). Microbial dynamics and natural remediation patterns of Fusarium-infested watermelon soil under 3-yr of continuous fallow condition. Soil Use and Management, *29*(2), 220-229.

Zhang, L., et al. (2024). Application of nanobubble technology in agriculture: A review. *Journal of Cleaner Production, 430*, 139648. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139648

Zhao, S., Wu, J., & Li, Y. (2025). *Advances in the Research on the Properties and Applications of Micro-Nano Bubbles*. Processes, 13(7), 2106.

Zhao, Y., Wu, H., & Li, X. (2025). Characteristics and agricultural applications of micro/nano bubbles in irrigation systems. Agricultural Water Management, 290, 108-120.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในกระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเผาโบราณ

กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์[1] นเรศ อินต๊ะวงศ์[2*]

[1-2*] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเลขที่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*E-mail, naret@rmutl.ac.th, 0882527908

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีตะแกรงคัดแยกขนาดเม็ดมะม่วงหิมานต์ 3 แบบ ได้แก่ 1) แบบกรงกระรอก 2) แบบวงรี 3) แบบข้าวหลามตัด ได้ทำการปรับปรุงระบบมอเตอร์และองศาในการคัดแยกเม็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการทำงานของตะแกรงคัดแยกขนาด เพื่อที่จะได้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดต่ำที่สุด ซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาแรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ให้มีความรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น ด้วยการใช้เทคโนโลยีและวิศวกรรมที่ทันสมัย เครื่องคัดแยกนี้จะสามารถคัดแยกเมล็ดตามขนาดและเกรดที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องคัดแยกเม็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถคัดแยกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ 1850 กิโลกรัม/วัน เพิ่มขึ้นจากเดิม 4.4 เท่า นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนคนทำงานจากจำนวนคน 6 คนให้เหลือคนทำงาน 2 คน เครื่องคัดแยกเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีระยะคืนทุน 562 วัน หรือ 1 ปี 6 เดือน 15 วัน

คำสำคัญ : เครื่องคัดแยกขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ มะม่วงหิมพานต์ เม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเผาโบราณ

Design and Development of Cashew Nut Grading Machine for Traditional Roasted Cashew Nut Production Process

Konthee Sugtakchan[1] Naret Intawong[2*]

[1-2*] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna. 128 Huay Kaew Road, Muang District, Chaing Mai, Thailand 50300

*E-mail, naret@rmutl.ac.th, 0882527908

Abstract

This project aims to design and develop a cashew nut sizing and sorting machine. The sorting mechanism utilizes three types of screens: 1) a squirrel-cage drum screen, 2) an elliptical screen, and 3) a diamond-mesh screen. The motor system and the tilt angle of the sorting process were modified and optimized to determine the most effective rotational speed for the screens, thereby minimizing the average error rate. This system reduces reliance on manual labor while enhancing the speed and precision of cashew nut sorting through the integration of modern engineering and technology. The developed machine is highly capable of efficiently sorting cashew nuts according to required sizes and grades. Performance testing demonstrated that the machine can process 1,850 kg of cashew nuts per day, representing a 4.4-fold increase in capacity compared to traditional methods. Furthermore, it reduces the required workforce from six operators to just two, thereby lowering production costs and improving overall product quality. This advancement significantly benefits the cashew nut industry in Thailand. The cashew nut sorting machine has a payback period of 562 days, or 1 year, 6 months, and 15 days.

Keywords: Cashew Nut Grading Machine, Cashew Nut, Royal Initiation Projects

1. บทนำ

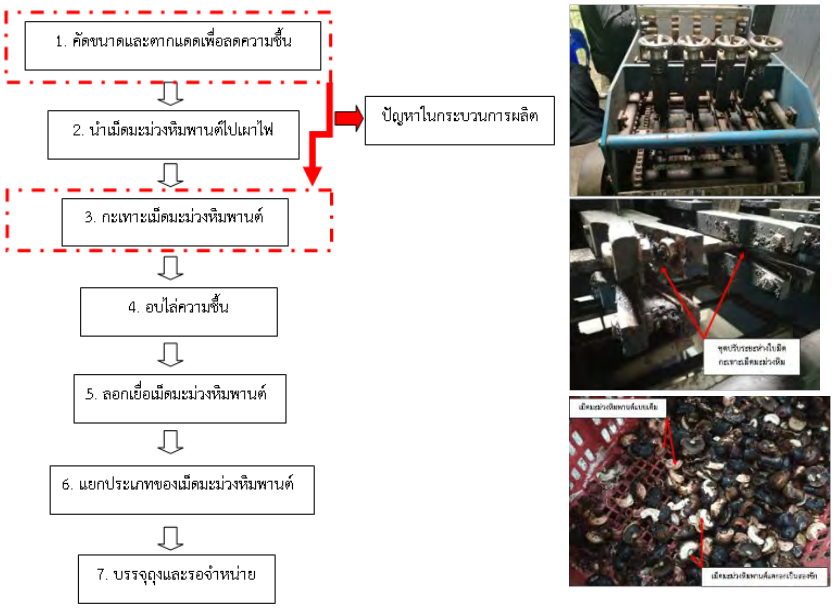
มะม่วงหิมพานต์ มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศอเมริกาใต้บริเวณแถบประเทศบราซิล แล้วค่อยแพร่กระจายไปสู่ทวีปแอฟริกา อเมริกาเหนือ ยุโรป และทวีปเอเชีย โดยในช่วงแรกที่นิยมปลูกในทวีปอเมริกาจะเป็นการปลูกเพื่อปลูกเพิ่มพื้นที่ป่า ซึ่งปลูกทั่วไปในแทนซาเนีย ไลบีเรียและประเทศอื่นๆต่อมาประมาณศตวรรษที่ 16 ชาวโปรตุเกสได้นำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เข้ามาทดลองปลูกในประเทศอินเดีย ซึ่งสามารถเติบโตและให้ผลได้ดีมากจึงนิยมปลูกกันมากขึ้น โดยเฉพาะการปลูกตามชายฝั่งเพื่อเป็นแนวป้องกันการกัดเซาะตามชายฝั่ง ซึ่งสามารถป้องกันการกัดเซาะอย่างได้ผลดี และมีการขยายปลูกเพื่อการค้ามากขึ้น ปัจจุบันในระดับโลกที่มีการพัฒนาขึ้นมากว่า 400 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ศก.60-1,ศก.60-2,M23, ศิริชัย-25,เกาะสยาม และ เกษตร 04 [1] เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สำคัญในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีการปลูกและส่งออกมะม่วงหิมพานต์เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามกระบวนการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในปัจจุบันยังพึ่งพาแรงงานคนในการคัดแยกขนาด ทำให้เกิดปัญหาด้านประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการผลิต ซึ่งใช้กำลังในการผลิตของคน 6 คนในการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ การคัดแยกด้วยแรงงานคนมีความล่าช้าไม่สม่ำเสมอและไม่สามารถตอบสนองต่อปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ ความเหนื่อยล้าของแรงงานอาจนำไปสู่ความผิดพลาดในการจัดเกรด การใช้กำลังผลิตของคนงาน 6 คน จะสามารถคัดได้เฉลี่ยประมาณ 420 กิโลกรัม/วัน

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีตะแกรงคัดแยกขนาดเมล็ดมะม่วงหิมานต์ 3 แบบ ได้แก่ 1) แบบกรงกระรอก 2) แบบวงรี 3) แบบข้าวหลามตัด ได้ทำการปรับปรุงระบบมอเตอร์และองศาในการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการทำงานของตะแกรงคัดแยกขนาด เพื่อที่จะได้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดต่ำที่สุด ซึ่งจะช่วยลดการพึ่งพาแรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้มีความรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นด้วยการใช้เทคโนโลยีและวิศวกรรมที่ทันสมัย เครื่องคัดแยกนี้จะสามารถคัดแยกเมล็ดตามขนาดและเกรดที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ 1850 กิโลกรัม/วัน เพิ่มขึ้นจากเดิม 4.4 เท่า นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนคนทำงานจากจำนวนคน 6 คนให้เหลือคนทำงาน 2 คน ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม ซึ่งส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 1. แสดง Flow Chart กรรมวิธีการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักทั้งหมด 7 ขั้นตอนด้วยกัน โดยที่ผ่านมาในแต่ละขั้นตอนการผลิตพบปัญหาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามหากพิจารณาย้อนกลับยังส่วนขั้นตอนเริ่มต้นด้านวัตถุดิบเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่รับซื้อจากลูกค้าเกษตรกรผู้ปลูกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่ายังมีปัญหากล่าวคือ

1. เม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผู้ประกอบการรับเกษตรกรไม่ได้ผ่านการคัดขนาดแต่อย่างใดทำให้ต้องใช้คนงานจำนวน 6 คนในการคัดแยก ซึ่งมีกำลังการผลิตเพียงวันละประมาณ 80-100 กิโลกรัมต่อวันเท่านั้น ในขณะที่ความต้องการวัตถุดิบเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่จะป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตประมาณ 1500-2000 กิโลกรัมต่อวัน
2. จากความต้องการวัตถุดิบในแต่ละวันทำให้ผู้ประกอบการเลือกที่จะไม่ทำการคัดแยกขนาดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์และนำเข้าสู่การบวนการผลิตทำให้เกิดปัญหาคุณภาพของผลิตผลเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการกะเทาะ (ขั้นตอนการผลิตที่ 3) คือ เม็ดมะม่วงหิมพานต์หลังจากการเผาแล้วจะถูกนำมากะเทาะกะลาออกด้วยเครื่องกะเทาะ เนื่องจากเครื่องดังกล่าวถูกออกแบบมาให้สามารถตั้งระยะได้ตามความเหมาะสมแต่ละขนาดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ดังนั้นหากนำเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คละขนาดมากะเทาะต้องตั้งระดับใบมีดให้แคบเพื่อให้สามารถกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ในเวลาเดียวกัน การตั้งระยะใบมีดดังกล่าวนี้มีผลทำให้เม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีขนาดใหญ่ถูกกะเทาะจนเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อยู่ด้านในแตกออกเป็นสองซีกแทนที่จะได้เม็ดที่สมบูรณ์แบบเต็มเม็ด โดยพบว่ามีอัตราส่วนของเม็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดเต็มเม็ดเพียง 20% เท่านั้น ที่เหลืออีก 80% เป็นเม็ดแบบแบบครึ่งซีกและแบบแตกหักแบบป่นรวมกัน จากคุณภาพของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ทำให้ผู้ประกอบการเสียประโยชน์จากมูลค่าการขายคือ ราคาจำหน่ายเม็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดเต็มเม็ดเท่ากับ 750 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่เม็ดแบบแบบครึ่งซีกและแบบแตกหักแบบป่นรวมราคาไม่เกิน 400 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น



รูปที่ 1 แสดง Flow Chart การผลิตเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเผา

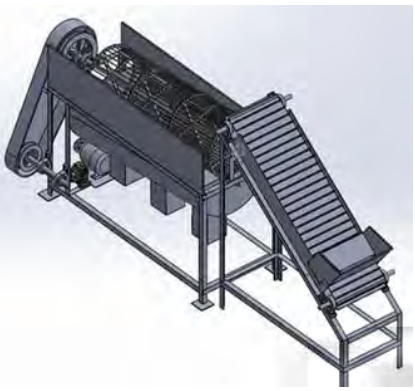
ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อคัดขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการกะเทาะกะลา เพื่อเป็นการแก้ปัญหากระบวนการผลิตในขั้นตอนการผลิตที่ 3 ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ตลอดจนจะช่วยลดการพึ่งพาแรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยคาดว่าเครื่องคัดแยกนี้จะสามารถคัดแยกเมล็ดตามขนาดและเกรดที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ 1850 กิโลกรัม/วัน เพิ่มขึ้นจากเดิม 4.4 เท่า นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนคนทำงานจากจำนวนคน 6 คนให้เหลือคนทำงาน 2 คน ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. การออกแบบเครื่องมือวิจัย

รูปที่ 2 แสดง ภาพรวมของเครื่องคัดแยกขนาดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ชุดระบบสกรูลำเลียงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ และชุดการคัดแยกขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ขนาดโดยรวมของทั้งสองชุดโดยประมาณคือ 156.5 cmx750 cmx 190 cm โดยทั้งสองส่วนจะทำงานร่วมกันจากการที่คนงานเทเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่บรรจุมาในกระสอบขนาดน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัมต่อถุงลงในกระบะของชุดลำเลียงจากนั้นเม็ดมะม่วงหิมพานต์จะถูกลำเลียงขึ้นไปตามกระบอกสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 cm เข้าสู่ส่วนเริ่มต้นของการคัดแยก การหมุนของสกรูลำเลียงอาศัยต้นกำลังมอเตอร์ขนาดกำลังไฟฟ้า 380 V AC 2 แรงม้า ส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ทดอัตราส่วน 1:40 รวมทั้งสามารถปรับความเร็วรอบการหมุนของสกรูด้วยชุดควบคุมความเร็วรอบเพื่อควบคุมอัตราการป้อนเติมปริมาณเม็ดมะม่วงหิมพานต์เข้าสู่ชุดการคัดแยกอย่างเหมาะสม [2] ระบบสกรูลำเลียงเป็นชุดที่ออกแบบมาเพื่อผ่อนแรงของผู้ปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็นต้องยกกระสอบบรรจุเม็ดมะม่วงหิมพานต์เทลงในชุดคัดแยก และเอื้อต่อการปฏิบัติงานจริงคือเมื่อรถขนส่งนำวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานสามารถยกเทเม็ดมะม่วงหิมพานต์จากรถบรรทุกลงสู่ชุดลำเลียงเพื่อทำการคัดแยกได้ทันทีอีกด้วย ทำให้คนงานสามารถคัดแยกขนาดวัตถุดิบได้ทันทีในช่วงต้นทางของกระบวนการผลิต

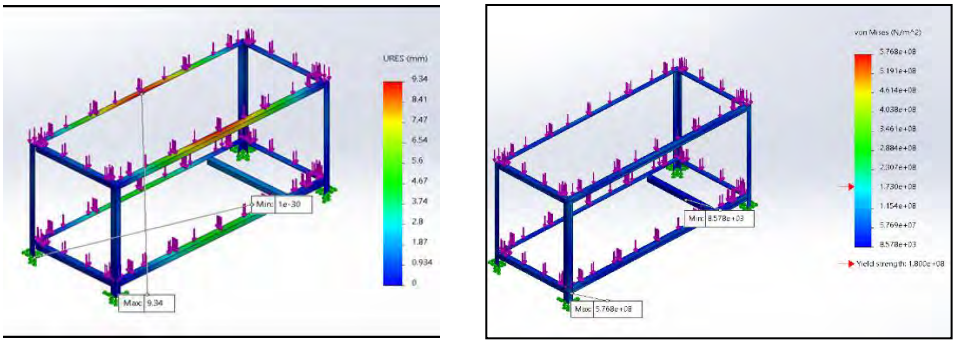




รูปที่ 2 แสดง ภาพรวมของเครื่องคัดแยกขนาดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์

3.1.1. การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้โปรแกรม SolidWorks [3]

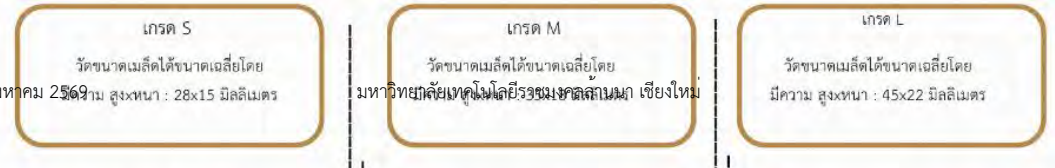
การวิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อทดสอบการใช้งานเสมือนจริงก่อนการใช้งานจริงโดยไม่ต้องเสียเวลาทำเครื่องต้นแบบเพื่อทำการทดสอบ เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วจะทราบถึงความสามารถในการรับแรงของชิ้นงานที่ทดสอบ และยังรู้ถึงจุดบกพร่องของชิ้นงานซึ่งสามารถออกแบบหรือปรับปรุงแก้ไขใหม่ในส่วนที่พบจุดบกพร่อง ทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของความแข็งแรงของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบเป็นเครื่องจักร เพื่อประหยัดเวลาและต้นทุนในการผลิต ในส่วนของเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาความแข็งแรงของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ ซึ่งนำไปสู่ความปลอดภัยในการใช้งาน ประกอบด้วยส่วนโครงสร้าง มีหน้าที่ในการรองรับน้ำหนักของอุปกรณ์ และภาระงานทั้งหมดของเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ระบบส่งกำลัง น้ำหนักของตะแกรงคัดแยก ซึ่งน้ำหนักของอุปกรณ์ และภาระงานทั้งหมดมีน้ำหนักประมาณ 100-130 กิโลกรัม ดังนั้นโครงเครื่องต้องรับน้ำหนักที่ 1000-1300 นิวตัน โดยโครงเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นี้มีจุดรับแรงอยู่ตำแหน่งคานบนเครื่อง (ลูกศรสีม่วง) ดังรูปที่ 3โครงสร้างเป็นเหล็กฉาก ขนาด 60X120 เซนติเมตร ใช้ในการสร้างโครงเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีความแข็งแรงทนทาน และเหมาะสมกับการใช้งานที่สุดเพื่อที่จะสามารถรับน้ำหนักในส่วนๆได้



รูปที่ 3 แรงกระทำจุดยึด (ลูกศรสีเขียว) และแรงที่กระทำกับโครงสร้าง (ลูกศรสีม่วง)

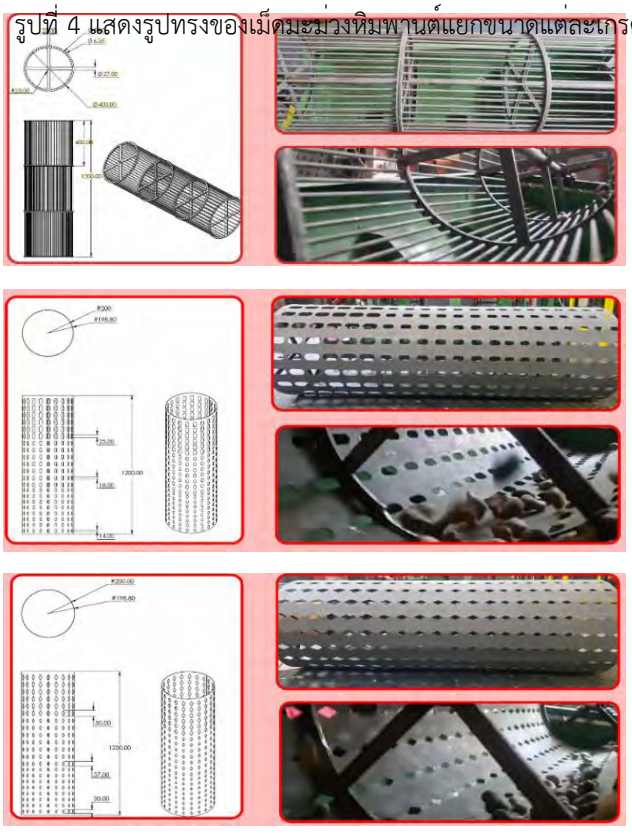
3.1.2. การออกแบบตะแกรงของเครื่องคัดแยกขนาดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 4 แสดงรูปทรงของเม็ดมะม่วงหิมพานต์แยกขนาดแต่ละเกรด [4] จะเห็นได้ว่ารูปทรงของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ไม่อยู่ในสัณฐานรูปทรงกลม ซึ่งตะแกรงที่จะใช้ในการคัดแยกในงานวิจัยนี้ออกแบบให้มีหลายรูปแบบเพื่อหาตะแกรงที่มีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับรูปทรงของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยเบื้องต้นคณะวิจัยได้กำหนดแนวทางของรูปทรงตะแกรงคัดขนาดไว้ 3 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 5 ได้แก่ A) แบบกรง



กระรอก B) แบบวงรี C) แบบข้าวหลามตัด ผู้วิจัยจะได้รวบรวมข้อมูลประสิทธิภาพการคัดแยกของตะแกรงแต่ละประเภทแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นในเชิงคุณภาพเพื่อประเมินประสิทธิภาพการคัดขนาดของตะแกรงแต่ละประเภท

รูปที่ 4 แสดงรูปทรงของเม็ดมะม่วงหิมพานต์แยกขนาดแต่ละเกรด



รูปที่ 5 รูปแบบตะแกรงได้แก่ A) แบบกรงกระรอก, B) แบบวงรี และ C) แบบข้าวหลามตัด

3.2. การออกแบบการทดลอง

3.2.1 การหาประสิทธิผลการของเครื่องคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การวัดประสิทธิผลโดยรวมขอเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, OEE) สามารถคำนวณได้ตามสามการที่ 1 [5] โดยทำการทดสอบทั้ง 3 ประเภทตะแกรง

$$OEE = (AxPxQ)100 \quad \text{.....(1)}$$

โดยที่ OEE = ประสิทธิผลโดยรวม (%), A = อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability), P = ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร(Performance Efficiency), Q = อัตราคุณภาพ (Quality Rate)

การทดลองหาประสิทธิผลการทำงานของเครื่องคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นการทดลองเพื่อประสิทธิภาพการคัดแยกของตะแกรงแต่ละประเภทและหาความสม่ำเสมอของการคัดแยกตามเกรดโดยพิจารณาจากการมีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรด(ขนาด)อื่น ๆ ปะปนมาไม่เกิน 5 %โดยอ้างอิงจากมาตรฐานคู่มือจัดชั้นคุณภาพผักมูลนิธิโครงการหลวง

3.2.2. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim ของแผนกคัดแยกเมล็ดหลังปรับปรุง[6]

ทางคณะผู้วิจัยได้นำแนวทางแก้ไขปัญหากระบวนการผลิตของแผนกคัดแยก ที่ได้ออกแบบมาทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim โดยจำลองสถานการณ์สามารถตรวจสอบความแม่นยำของกระบวนการผลิต และความเป็นไปได้ของแนวทาง ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ทำการป้อนข้อมูลขั้นตอนในการทำงาน จำนวนพนักงาน จำนวนเครื่องจักร พื้นที่ในการทำงาน ตำแหน่งของพนักงานและเครื่องจักร เป็นการเปรียบเทียบกับวิธีการคัดแยกด้วยคนงาน

3.2.3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ [7]

คือการคำนวณจุดคุ้มทุน (Break even point, Q) ตามสมการที่ 2 ซึ่งพิจารณาต้นทุนคงที่(ราคาเครื่องจักร) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้แก่ ต้นทุนค่าไฟฟ้าจากการใช้งานจริง ค่าแรงงาน ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักร เมื่อนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์ต่อไป

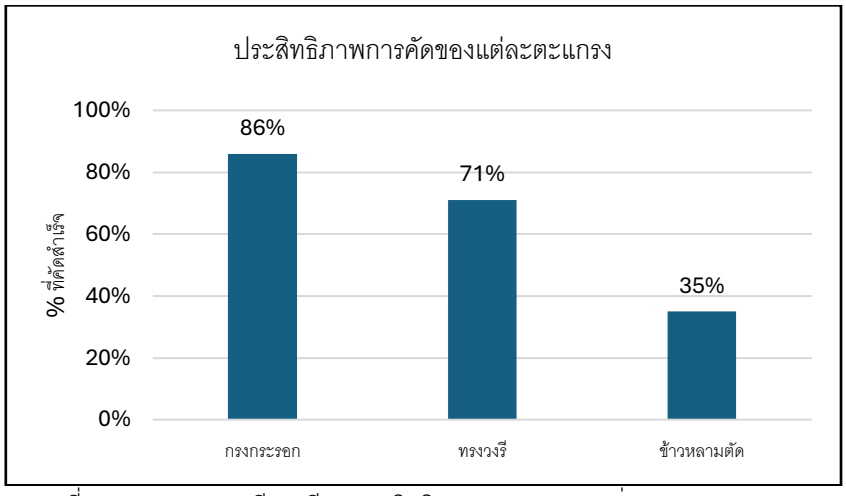
$$Q = \frac{F}{(P-V)} \quad \text{.....(2)}$$

โดยที่

จุดคุ้มทุน (Break even point, Q)
ค่าต้นทุนคงที่ (Fixed Cost, F)
ราคาขายต่อหน่วย (Price, P)
ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost, V)

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1. การหาประสิทธิผลการของเครื่องคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์



รูปที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจะแกรงแต่ละประเภท

รูปที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตะแกรงแต่ละประเภท โดยเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นที่คัดสำเร็จโดยได้ผลการทดลองพบว่าตะแกรงกรงกระรอกประสิทธิภาพสูงสุดที่ 86% ตะแกรงทรงวงรีมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 71% และตะแกรงข้าวหลามตัดมีประสิทธิภาพต่ำสุดที่ 35% ตะแกรงกรงกระรอกมีประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากตะแกรงแบบกรงกระรอกมีระยะเวลาที่วัตถุดิบสัมผัสกับผิวตะแกรงนานพอที่จะร่วงผ่านรูตะแกรงได้แม่นยำที่สุด

4.2. ผลการการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim ของการคัดแยกเมล็ดก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักรที่สร้างขึ้น

จากตารางที่ 1 สรุปผลการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยการเปลี่ยนรูปแบบจากการคัดแยกด้วยมือ (Manual Sorting) มาเป็นการใช้เครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและเลือกใช้ตะแกรงกรงกระรอก ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม FlexSim หลังจากนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต พบว่าการคัดแยกแบบเดิมจะคัดแยกได้ 420 กิโลกรัมต่อวัน การใช้เครื่องจักรในการคัดสามารถคัดแยกได้ 1,850 กิโลกรัมต่อวัน เมล็ดมะม่วงหิม

พานต์ที่คัดแยกได้มากกว่าการคัดแยกแบบเดิมถึง 4.4 เท่า สามารถลดจำนวนคนทำงานจากจำนวนคน 6 คน ให้เหลือคนทำงาน 2 คน

ตารางที่ 1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

หัวข้อการเปรียบเทียบ	การคัดแยกด้วยมือ (แบบเดิม)	การใช้เครื่องคัดแยก (แบบปรับปรุง)	ผลต่าง/การปรับปรุง
จำนวนพนักงาน (คน)	6	2	66.67%
ผลผลิตรวม 8 ชั่วโมง (รอบ)	42	185	340.48%
อัตราการผลิตเฉลี่ย (รอบ/ชั่วโมง)	5.25	23.13	340.57%
การใช้ประโยชน์พนักงานเฉลี่ย (%)	99.75	4.68	95.31%

4.3. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์(ระยะเวลาคืนทุนของการผลิต)

จากการคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานและค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยจะใช้พนักงาน 2 คน ค่าใช้จ่าย 91,000 บาทต่อปีในการทำงานกับคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้มอเตอร์ 1 แรงม้าในการขับเครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มอเตอร์เกียร์ 90 วัตต์ในการขับสายพานลำเลียง โดยมีต้นทุนค่าไฟฟ้า 2837.9 บาทต่อปี การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม มีข้อมูลประกอบการคำนวณได้แก่ จำนวนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คัดได้ 249,600 กิโลกรัม ใช้แรงงานทั้งหมด 2 คน ทำงานปีละ 130 วัน เครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีระยะคืนทุน 562 วัน หรือ 1 ปี 6 เดือน 15 วัน

5. สรุปผลการวิจัย

5.1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้ง 3 แบบเพื่อหาตะแกรงที่ได้ประสิทธิภาพที่สุด ตะแกรงแบบที่1 ตะแกรงกรงกระรอกมีประสิทธิภาพในการคัดดีที่สุด 86% มุมเอียงที่ 3 องศา ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

5.2. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim พบว่าการคัดแยกแบบเดิมจะคัดแยกได้ 420 กิโลกรัมต่อวัน การใช้เครื่องจักรในการคัดสามารถคัดแยกได้ 1,850 กิโลกรัมต่อวัน เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คัดแยกได้มากกว่าการคัดแยกแบบเดิมถึง 4.4 เท่า สามารถลดจำนวนคนทำงานจากจำนวนคน 6 คนให้เหลือคนทำงาน 2 คน

5.3. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม มีข้อมูลประกอบการคำนวณได้แก่ จำนวนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คัดได้ 249,600 กิโลกรัม ใช้แรงงานทั้งหมด 2 คน ทำงานปีละ 130 วัน เครื่องคัดแยกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีระยะคืนทุน 562 วัน หรือ 1 ปี 6 เดือน 15 วัน

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ โครงการวิจัยเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund ; FF) ปีงบประมาณ 2567 ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยตลอดทั้งโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สมพงษ์ สุขเขตต์, รายงานผลการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2554: การเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ในแหล่งปลูกต่าง ๆ, กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, หน้า 12-25, 2554.

[2] สมาคมผู้ผลิตและวิศวกรเครื่องส่งกำลังเชิงกล, คู่มือการคำนวณและออกแบบระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เกียร์และเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Adjustable Speed Drive & Gear Reducer Engineering Manual), กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีโปรดักส์, หน้า 45-58, 2560.

[3] Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, SolidWorks Simulation: Mechanical Design and Finite Element Analysis (FEA) User Guide, Waltham, MA: Dassault Systèmes, pp. 112-135, 2023.

[4] ฝ่ายพัฒนาสิ่งพิมพ์และสื่อสารองค์กร มูลนิธิโครงการหลวง, คู่มือจัดชั้นคุณภาพผักและผลไม้สด มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง, หน้า 34-40, 2562.

[5] S. Nakajima, Introduction to TPM: Total Productive Maintenance, Cambridge, MA: Productivity Press, pp. 21-37, 1988.

[6] FlexSim Software Products, Inc., FlexSim 3D Simulation Software User Manual: Manufacturing and Production Line Modeling, Orem, UT: FlexSim Software Products, pp. 88-102, 2024.

[7] ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล, เอกสารประกอบการสอนวิชาเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy), กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, หน้า 65-78, 2565.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของกรดอินโดล-3-อะซิติก (Indole-3-Acetic Acid; IAA) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงที่ไม่สะสมกำมะถันผสมในวัสดุเพาะต่อการงอกของเมล็ดพริกกะเหรียง

ชูชัย ตะห่อ[1*] เพียงพิมพ์ ชิดบุรี[1], ศิริพรรณ สารินท์[2] และอภิชาติ ชิดบุรี[1,3]

[1] สาขาพืชศาสตร์ สาขาวิชาวท.ม.พืชศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง จังหวัดลำปาง 52000
[2]ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[3]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail : Chaida.manoy112@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 0622651159

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดอินโดล-3-อะซิติก (IAA) ที่ผลิตจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงไม่ใช้กำมะถัน (purple non-sulfur bacteria; PNSB) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกกะเหรี่ยง ผลการศึกษาพบว่า การใช้ IAA (PNSB) เพียงอย่างเดียวไม่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ด โดยมีอัตราการงอกอยู่ในช่วง 88.00 – 100.00% และไม่พบการตายของต้นกล้าในทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) โดย IAA ความเข้มข้น 2.5 มก./ล. ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ในด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ และความสูงลำต้น ดังนั้นผลของ IAA (PNSB) โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 2.5 มก./ล. มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกกะเหรี่ยงในระยะเพาะกล้า

คำสำคัญ: IAA, แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วง, พริกกะเหรี่ยง

Effect of Indole-3-Acetic Acid (IAA) Producing Purple Non-Sulfur Photosynthetic Bacteria in Growing Medium on Seed Germination of Karen Chili Pepper

Chuchai Taho [1*] Piengpim Chidburee[1], Siripun Sarin[2] and Aphichat Chidburee[1,3]

[1]Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Lampang 52000, Thailand

[2]Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, 99 M.9 Tha Pho sub-district, Meung Phitsanulok District, Phitsanulok, 65000, Thailand.

[3]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Rajamangala University of Technology Lanna. Lampang, 52000, Thailand.

* *E-mail: Chaida.manoy112@gmail.com, Tel: +66 62 265 1159

Abstract

This study aimed to investigate the effects of indole-3-acetic acid (IAA) produced by purple non-sulfur bacteria (PNSB) on the germination and seedling growth of Karen chili (Capsicum annuum L.). The results showed that the application of IAA (PNSB) alone had no significant effect on seed germination, with germination percentages ranging from 88.00 to 100.00%. In addition, no seedling mortality was observed in any treatment. However, significant differences were found in the number of leaves, leaf width, leaf length, and plant height among the treatments ($P \leq 0.01$). The application of IAA at a concentration of 2.5 mg L^{-1} produced the highest mean values for the number of leaves, leaf width, and plant height. Therefore, IAA (PNSB), particularly at a concentration of 2.5 mg L^{-1}, has the potential to promote the growth of Karen chili seedlings during the nursery stage.

Keywords: IAA, purple non-sulfur photosynthetic bacteria, Karen chili.

1. บทนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมวัฒนธรรมของไทยมาตั้งแต่อดีต โดยเฉพาะ "พริกกะเหรี่ยง" ที่สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างพืชอาหารกับวัฒนธรรมท้องถิ่นอย่างชัดเจน เนื่องจากกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยงนิยมปลูกบนพื้นที่ภูเขาเพื่อบริโภคในครัวเรือน ด้วยลักษณะรสชาติ ที่เผ็ดจัดและไม่สามารถทดแทนด้วยพืชอื่นได้ พริกกะเหรี่ยงจึงกลายเป็นคุณค่าทางวัฒนธรรมที่ผูกโยงกับวิถีชีวิต อาหารท้องถิ่น และอัตลักษณ์ของกลุ่มชาติพันธุ์ ทั้งนี้ ในอดีตมักปลูกรอบที่อยู่อาศัยหรือปลูกแซมในไร่เพื่อบริโภคสดและแลกเปลี่ยนสิ่งของจำเป็นกับกลุ่มชาติพันธุ์อื่นหรือชุมชนล้านนาใกล้เคียง ซึ่งสะท้อนถึงรูปแบบเศรษฐกิจชุมชนที่พึ่งพาซึ่งกันและกัน (ทองพูน คุณเลิศเกษม, 2569) พริกกะเหรี่ยงที่ปลูกเพื่อบริโภคสด แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลเล็กเรียวยาว (ดิบสีเขียวเข้ม สุกสีแดง) และชนิดผลใหญ่พองป้อม (สุกสีส้มจัดไม่คล้ำแดง) ซึ่งเป็นลักษณะเด่น พริกชนิดนี้ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อสภาพอากาศ โรค และแมลง ลำต้นใหญ่ แตกแขนงมาก ให้ผลผลิตต่อเนื่องยาวนานโดยเก็บเกี่ยวได้นาน 6–7 เดือน ด้านคุณภาพมีจุดเด่นคือรสชาติเผ็ดจัดแต่ไม่แสบลิ้น และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว จึงเป็นที่นิยมในการนำมาบริโภคสด (รุ่งทิพย์ งากุลชรและคณะ, 2560) และความนิยมเพิ่มขึ้นในตลาดท้องถิ่นและประเทศ รวมถึงเริ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่ต่างประเทศเนื่องจากมีศักยภาพด้านรสชาติและเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงมีแนวโน้มพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจสร้างรายได้ให้เกษตรกรและชุมชน ทั้งในรูปผลผลิตสด พริกแห้ง และผลิตภัณฑ์แปรรูป ปัจจุบันพริกกะเหรี่ยงมีราคาสูงขึ้น โดยพริกแห้งที่จำหน่ายในอำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และอำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก มีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 200–300 บาท (นิตยา โนคำและคณะ, 2566) ทั้งนี้ ประเทศไทยนำเข้าพริกสดหลักจากจีน กัมพูชา และเมียนมาร์ ส่วนพริกแห้งนำเข้าจากอินเดีย จีน และเมียนมาร์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบการตลาดพริกในประเทศอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากพริกแห้งต่างประเทศมีความได้เปรียบด้านต้นทุนและโลจิสติกส์ มีราคาต่ำกว่า และมีคุณภาพตรงความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ทำให้เกษตรกรไทยแข่งขันด้านราคาได้ยาก จนการผลิตพริกแห้งเพื่อการค้าลดลงและเปลี่ยนไปผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนหลัก ปัญหานี้สะท้อนความจำเป็นในการพัฒนาศักยภาพการผลิตพริกในประเทศ โดยเฉพาะพริกท้องถิ่นที่มีเอกลักษณ์ เช่น พริกกะเหรี่ยง เพื่อเพิ่มมูลค่าและขีดความสามารถในการแข่งขันทั้งตลาดในและต่างประเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2564) ปัญหาในการผลิตพริกที่เกษตรกรประสบคือ เมล็ดพันธุ์มีอัตราการงอกต่ำ งอกไม่สม่ำเสมอ และมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่เข้าทำลายระยะต้นกล้า ส่งผลให้เมล็ดไม่งอกหรือไม่อาจเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ได้ ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นอุปสรรคสำคัญ (พิจิตรา แก้วสอน, 2560)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชในวงศ์ Solanaceae ที่มีความสำคัญทั้งในเชิงเศรษฐกิจและวัฒนธรรม โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งมีการบริโภคพริกอย่างแพร่หลาย พริกกะเหรี่ยง (*Capsicum frutescens* Linn.) จัดเป็นพริกพื้นเมืองที่มีลักษณะเด่นด้านความเผ็ด กลิ่นหอมเฉพาะตัว และความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีการคัดเลือกพันธุ์และสืบทอดโดยชุมชนท้องถิ่น ซึ่ง

สะท้อนถึงระบบเกษตรดั้งเดิมและความหลากหลายทางชีวภาพของพืช (จานุลักษณ์ ขนบดี และคณะ, 2559; วิลาสินี จิตต์บรรจง, 2564) นอกจากนี้ พริกยังเป็นพืชที่มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางจากแหล่งกำเนิดในทวีปอเมริกาเข้าสู่ภูมิภาคเอเชียผ่านการค้าระหว่างประเทศ ส่งผลให้เกิดความหลากหลายของสายพันธุ์และการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (วิลาวัณย์ ใคร่ครวญ, 2551; มูลนิธิชีววิถี, 2566) ในด้านสรีรวิทยาของพืช การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืช โดยเฉพาะกลุ่มออกซิน เช่น อินโดล-3-อะซิติกแอซิด (Indole-3-acetic acid; IAA) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการแบ่งเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และการเกิดราก IAA สามารถผลิตได้ทั้งจากพืชเองและจากจุลินทรีย์ในดิน โดยใช้กรดอะมิโนทริปโตแฟนเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการเมแทบอลิซึม ส่งผลให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต (พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ และคณะ, 2564; ทศพล นำปนสัก, 2559) งานวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการจัดการเมล็ดก่อนการเพาะ เช่น การแช่สาร IAA สามารถช่วยกระตุ้นการงอกและพัฒนาระบบรากในระยะเริ่มต้นได้อย่างมีนัยสำคัญ (Vob Men et al., 2023; จีราภรณ์ อินทสาร และคณะ, 2560) ในขณะเดียวกัน แนวคิดด้านการใช้จุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth-Promoting Microorganisms: PGPM) วัสดุเพาะยังมีบทบาทสำคัญต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยวัสดุเพาะที่ดีควรมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ระบายอากาศ และมีธาตุอาหารที่เหมาะสม เช่น ขุยมะพร้าวและแกลบดำ ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศไทย โดยขุยมะพร้าวมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ส่วนแกลบดำช่วยเพิ่มการระบายอากาศและส่งเสริมการเจริญของราก อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุเพาะจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความเค็มหรือสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (ปิยภัทร์ เข็มวิชัย, 2565) ดังนั้น จากแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการงอกของเมล็ดพริกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายใน ได้แก่ ฮอร์โมนพืช เช่น IAA และรวมถึงสภาพแวดล้อมของวัสดุเพาะ ซึ่งการบูรณาการองค์ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้พัฒนาเทคโนโลยีการเพาะกล้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพริกได้อย่างยั่งยืน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการศึกษาผลของกรดอินโดล-3-อะซิติก (Indole-3-Acetic Acid; IAA) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงที่ไม่สะสมกำมะถันผสม โดยมีความเข้มข้นสาร 70 % ผสมในวัสดุเพาะต่อการงอกและเจริญเติบโตของเมล็ดพริกกะเหรี่ยง มีการวางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ (ซ้ำละ 1 เมล็ด) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่เติม IAA (PNSB) (ควบคุม; control))
กรรมวิธีที่ 2 IAA (PNSB) ความเข้มข้น 1.0 มก./ล. ต่อ ในวัสดุเพาะ 5 กก.
กรรมวิธีที่ 3 IAA (PNSB) ความเข้มข้น 1.5 มก./ล. ต่อ ในวัสดุเพาะ 5 กก.
กรรมวิธีที่ 4 IAA (PNSB) ความเข้มข้น 2.0 มก./ล. ต่อ ในวัสดุเพาะ 5 กก.
กรรมวิธีที่ 5 IAA (PNSB) ความเข้มข้น 2.5 มก./ล. ต่อ ในวัสดุเพาะ 5 กก.

วิธีการ

1. เตรียมวัสดุเพาะ แกลบดำ:ขุยมะพร้าว ในอัตรา 1:1 โดยผสมวัสดุปลูกให้เข้ากัน นำวัสดุเพาะที่เตรียมไว้มาผสมปริมาณสารสกัด IAA (PNSB) ตามกรรมวิธีกำหนดกับปริมาณน้ำ หลังจากผสมแล้วผึ่งให้หมาดแล้วอัดเป็นก้อน จากนั้นวางก้อนให้เป็นระเบียบไว้ในที่ร่ม อากาศถ่ายเทดี ให้ก้อนเชตตัว จำนวน 1 วัน

2. เตรียมเมล็ดพันธุ์พริกกะเหรี่ยง แช่เมล็ดพันธุ์พริกด้วยน้ำอุ่น 50 °ซ โดยใช้น้ำเดือดผสมกับน้ำอุณหภูมิปกติ ในอัตรา 1:1 แช่เมล็ดพริกเป็นเวลา 15-20 นาที ก่อนนำไปเพาะ

3. นำเมล็ดพริกเพาะในวัสดุอัดก้อน โดยการดำเนินการมีอุณหภูมิห้อง ประมาณ 25 – 30 °ซ รดน้ำวันละ 1 ครั้ง ในเวลาช่วงเย็น

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลเป็นเวลา 14 วัน โดยการบันทึก ร้อยละการงอก และ ร้อยละการตายของต้นกล้า การเจริญเติบโตทางใบ ได้แก่ จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ (ซม.) โดยการวัดจากขอบของใบที่มีความเว้าออกมามากที่สุด และความยาวใบ (ซม.) โดยวัดจากโคนของใบถึงปลายใบ และ ความสูงของลำต้นโดยวัดจากพื้นที่ต้นกล้างอก (ซม.) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan’s Multiple Range Test) ที่นัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

4. ผลการวิจัย

พบว่า อัตรา ทุกกรรมวิธีมีร้อยการงอกของเมล็ด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.00 – 100.00 และไม่มีร้อยละการตายของต้นกล้าในทุกกรรมวิธี สำหรับการเจริญเติบโตทางใบ ได้แก่ จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงของลำต้น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยผลของ IAA 2.5 มก./ล. มีจำนวนใบ ความยาวใบ และความสูงของลำต้นสูงที่สุด โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ย 3.40 ใบ ความกว้างใบมีค่าเฉลี่ย 0.92 เซนติเมตร และความสูงของลำต้นมีค่าเฉลี่ย 4.58 เซนติเมตร นอกจากนี้ กรรมวิธีที่ใช้ IAA 2.0 – 2.5 มก./ล. ความยาว ค่าเฉลี่ย 1.87 – 2.04 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ลักษณะการเจริญเติบของต้นกล้าพริกกะเหรี่ยงในก้อนเพาะที่ไม่เติม IAA (PNS) เปรียบเทียกับที่เติม IAA (PNSB) ความเข้มข้น 2.0 มก./ล. หลังจากทำการเพาะได้ 14 วัน (รูปที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของ IAA (PNSB) ผสมในวัสดุเพาะต่อการงอกและเจริญเติบโตของเมล็ดพริกกะเหรี่ยง

กรรมวิธี	ร้อยละการงอกของเมล็ด	ร้อยละการตายของต้นกล้าหลังจากงอก	การเจริญเติบโตทางใบ			ความสูงของลำต้น (ซม.)
			จำนวนใบ (ใบต่อต้น)	ความกว้างใบ (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)	
ไม่เติม IAA		0.00				
(PNSB)	94.00		1.84[c1/]	0.41[c]	1.22[b]	2.44[d]
IAA 1.0 มก./ล.	88.00	0.00	1.76[c]	0.46[c]	1.29[b]	3.14[c]
IAA 1.5 มก./ล.	100.00	0.00	1.94[c]	0.53[c]	1.49[b]	3.14[c]
IAA 2.0 มก./ล.	96.00	0.00	2.80[b]	0.74[b]	1.87[a]	3.87[b]
IAA 2.5 มก./ล.	100.00	0.00	3.40[a]	0.92[a]	2.04[a]	4.58[a]
F-test	ns	NA	**	**	**	**
C.V. (%)	14.66		17.46	23.18	18.23	16.51

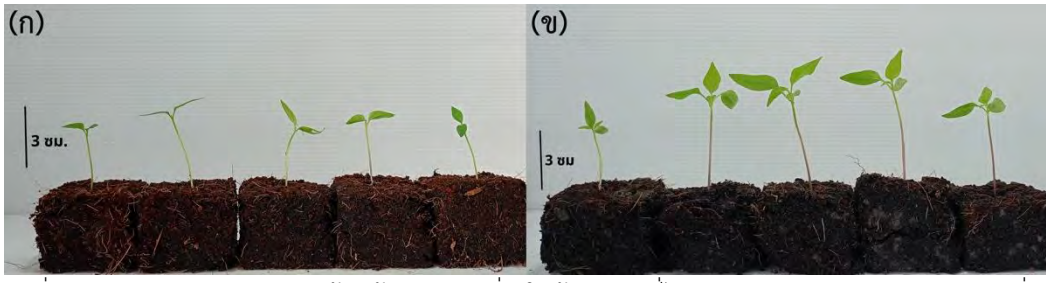
หมายเหตุ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

NA หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ (not analysis)

[1/] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test



รูปที่ 1 ลักษณะการเจริญเติบของต้นกล้าพริกกะเหรี่ยงในก้อนเพาะที่ไม่เติม IAA (PNS) (ก) เปรียบเทียบกับที่เติม IAA (PNSB) ความเข้มข้น 2.0 มก./ล. (ข) หลังจากทำการเพาะได้ 14 วัน

5. สรุปและอภิปรายผล

พบว่า IAA ไม่ส่งผลต่อร้อยละการงอก แต่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตบางลักษณะ โดยทุกกรรมวิธีมีอัตราการงอกอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 88.00 – 100.00) และไม่พบการตายของต้นกล้า แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพริกกะเหรี่ยงมีคุณภาพดีและมีความสามารถในการงอกสูงโดยไม่ขึ้นกับการเสริม IAA ในช่วงเริ่มต้นของการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม IAA มีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางพืช โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาใบและลำต้น ซึ่งพบว่าความเข้มข้น 2.5 มก./ล. ให้ผลดีที่สุดในบางลักษณะ เช่น ด้านจำนวนใบ ความยาวใบ และความสูงของลำต้น สอดคล้องกับบทบาทของออกซิน (auxin) ที่ช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์และการแบ่งเซลล์ ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Taiz et al., 2015; Davies, 2010)

ดังนั้น การใช้ IAA (PNSB) โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 2.0 – 2.5 มก./ล. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริกกะเหรี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในบางลักษณะได้ แต่ควรพิจารณาความเข้มข้นและอัตราการใช้ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และอำนวยสะดวกในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร.(2564).พริก.(พิมพ์ครั้งที่1).กรุงเทพฯ:กลุ่มโรงพิมพ์ สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี

จานุลักษณ์ ขนบดี, สาวิตร มีจุ้ยและ จินันทนา จอมดวง.(2559). คู่มือการปลูกพริกกะเหรี่ยงแบบปลอดภัย. กรุงเทพฯ:สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

จีราภรณ์ อินทสาร,ฉัตรปวีณ์ เดชจิรรัตนสิริ,ประวิทย์ บุญมี. (2566). ผลของแบคทีเรียที ่ผลิตสาร Indole-3-Acetic Acid (IAA) ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของพริกขี้หนู.(ม.ป.ท.).(ม.ป.ป.)

ทศพล นำปนสัก. (2559).การผลิต indole-3-acetic acid โดยราเอนโดไฟท์สกุล Colletotrichum ที่แยกได้จากต้นกาแฟสายพันธุ์ อาราบิก้า และผลต่อการเจริญของพืช.เชียงใหม่:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ทองพูน คุณเลิศเกษม. ครู,วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน. (29 มกราคม 2569).สัมภาษณ์.

นิตยา โนคำ,ณัฐพล กามล,ชีรณัช กาบบัว. (2 กุมภาพันธ์ 2566). พริกกะเหรี่ยงพริกชนเผ่า จิ๋วแต่แจ๋ว. https://hkm.hrdi.or.th

ปิยภัทร์ เข็มวิชัย. (2565). การศึกษาวัสดุเพาะเพื่อทดแทนการใช้พีทมอสในการเพาะกล้าผักสลัด(รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์).ปทุมธานี:สำนักงานพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน)

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่,เสาวภา เขียนงาม,วศิน ปิ่นวิเศษ,พิมพ์ใจ มีตุ้ม,ยุภา ปู่แตงอ่อนและ ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์.(2561).ผลของกรดอินโดลแอซิติกที่ผลิตจากแบคทีเรีย (Enterobacter sp. RD4-1-1) ต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุเก็บรักษาต่างกัน.เพชรบุรี:มหาวิทยาลัยศิลปากร

พิจิตรา แก้วสอน,กุลธิดา โชทนากูล,ปริยานุช จุลกะ,วันชัย จันทร์ประเสริฐ.(2559). ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริก.กรุงเทพฯ:คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มูลนิธิชีววิถี.(2566).พริก แหล่งกำเนิดและการแพร่พันธุ์.สืบค้น 02 ตุลาคม 2568. https://biothai.net/ecological-agriculture

รุ่งทิพย์ งากุลชร,สมพร เหรียญรุ่งเรือง,สงัด ดวงแก้วและวิลาวัลย์ ใคร่ครวญ.(ม.ป.ป.)การปรับปรุงพันธุ์พริกกะเหรี่ยงเพื่อให้ผลผลิตสูง.สืบค้นจาก:https://www.doa.go.th

วิลาสินี จิตต์บรรจง.กระดานข่าวงานวิจัยใช้ได้จริง:พืชอาหาร พืชสมุนไพร.พริกกะเหรี่ยง.(2564). https://www.doa.go.th

วิลาวัณย์ ใคร่ครวญ.การผลิตพริกเพื่อการค้า.(ม.ป.ป.)กรุงเทพฯ:กรมวิชาการเกษตร

Vob Men,พิทักษ์ พุทธวรชัย,ปาริฉัตร กลีบเนตร,เพียงพิมพ์ ชิดบุรี,ธนวุฒิ พรหมบัญชาชัย,อภิชาติ ชิดบุรี. (2566). ผลของความเข้มข้น IAA (indole-3-acetic) จากสารสกัดแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงที่ไม่สะสมซัลเฟอร์ต่อการงอกของเมล็ดกระเจี๊ยบเขียว.(ม.ป.ท.).(ม.ป.ป.)

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant physiology and development (6th ed.). Sinauer Associates.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

อิทธิพลของการพรางแสงและความยาววันต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N ในหัวว่านนางคุ้ม

หงส์ชัย พงษ์ขาว[1] รุ่งนภา ช่างเจรจา[1,2*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000
[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

*E-mail: changjeraja@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ว่านนางคุ้มเป็นไม้ดอกประเภทหัวที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นไม้ตัดดอกและไม้กระถาง แต่ยังประสบปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอหรือไม่ออกดอก รวมทั้งคุณภาพดอกลดลง เช่น ช่อดอกขนาดเล็ก จำนวนดอกย่อยต่อช่อน้อย และดอกย่อยฝ่อ ซึ่งอาจเกิดจากความเข้มแสงและความยาววันที่ไม่เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการพรางแสงและความยาววันต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N ในหัวว่านนางคุ้ม ระหว่างเดือนมีนาคม–ธันวาคม พ.ศ. 2567 เป็นเวลา 10 เดือน โดยการทดลองทั้ง 2 การทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ การทดลองที่ 1 ประกอบด้วยไม่พรางแสง พรางแสง 50% และพรางแสง 70% ส่วนการทดลองที่ 2 ประกอบด้วยการให้แสงตามธรรมชาติ และการเพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 4 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน ผลการศึกษาพบว่า การพรางแสงและความยาววันไม่มีผลต่อปริมาณ TNC และอัตราส่วน C/N ในหัวว่านนางคุ้ม อย่างไรก็ตาม การพรางแสง 70% และการเพิ่มความยาววันช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน โดยไม่ส่งผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในหัว การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรต เช่น คุณภาพแสง ธาตุอาหาร อุณหภูมิ และกลไกการสร้าง การเคลื่อนย้าย และการสะสมคาร์โบไฮเดรต เพื่ออธิบายการตอบสนองของว่านนางคุ้มต่อสภาพแวดล้อมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านสรีรวิทยาของพืชหัว และสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการแสง การผลิตไม้ดอกประเภทหัว ตลอดจนการอนุรักษ์และขยายพันธุ์ว่านนางคุ้ม

คำสำคัญ : ว่านนางคุ้ม พรางแสง ความยาววัน คาร์โบไฮเดรต(TNC) C/N Ratio

Effects of Shading and Photoperiod on Total Non-Structural Carbohydrate (TNC) Accumulation and the C/N Ratio in Bulbs of *Proiphys amboinensis.*

Hongchai Pongkaw[1] Rungnapa Changjeraja[1,2*]

[1]Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Lampang 200 Moo 17 Pichai Muang Lampang 52000

[2]Agricultural Technology Research Institute Rajamangala University of Technology Lanna 202 Moo 17 Pichai Muang Lampang 52000

*E-mail: changjeraja@rmutl.ac.th

Abstract

Proiphys amboinensis. is a bulbous ornamental plant with potential for use as both a cut flower and a potted plant. However, its commercial production is limited by irregular flowering or failure to flower, as well as poor flower quality, including small inflorescences, fewer florets per inflorescence, and floret abortion. These problems may be associated with unsuitable light intensity and photoperiod. Therefore, this study aimed to investigate the effects of shading and photoperiod on total non-structural carbohydrate (TNC) accumulation and the carbon-to-nitrogen (C/N) ratio in the bulbs of *P. amboinensis.* The experiments were conducted from March to December 2024 over a period of 10 months. Both experiments were arranged in a completely randomized design (CRD) with three treatments and ten replications per treatment. Experiment 1 consisted of three shading levels: no shading, 50% shading, and 70% shading. Experiment 2 consisted of three photoperiod treatments: natural photoperiod, natural photoperiod supplemented with 4 h of light per day, and natural photoperiod supplemented with 6 h of light per day. The results showed that neither shading nor photoperiod significantly affected TNC accumulation or the C/N ratio in the bulbs of *P. amboinensis.* However, 70% shading and photoperiod extension promoted several aboveground growth characteristics without affecting carbohydrate accumulation in the bulbs. Future studies should investigate additional factors influencing carbohydrate accumulation, including light quality, mineral nutrition, temperature, and the physiological and biochemical mechanisms involved in carbohydrate synthesis, translocation, and storage. The findings provide fundamental information on the physiology of tropical bulbous plants and may serve as a basis for

future studies on light management, bulbous ornamental crop production, and the conservation and propagation of *P. amboinensis.*

Keywords : *P. amboinensis*. Shading Photoperiod Carbohydrate(TNC) C/N Ratio

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกไม้ตัดดอก 21,135 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,503 ล้านบาทไทย (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2568) ไม้ดอกถือเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้ประเทศอย่างมากมาย รวมถึงได้สร้างรายได้และอาชีพให้กับเกษตรกรภายในประเทศอีกด้วย ถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อภาคการเกษตรของไทย ซึ่งว่านนางคุ้ม (*P. amboinensis.*) เป็นไม้ดอกประเภทหัวแบบ Bulb จัดอยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae มีดอกและใบสีสวยงาม ใบมีสีเขียวสด ดอกมีสีขาวบานติดกับต้นนาน (วัชราภรณ์, 2544)

ว่านนางคุ้มจึงเหมาะที่จะพัฒนาเป็นไม้ตัดดอกที่มีศักยภาพในอนาคต (ดิเรก, 2546) เนื่องด้วยว่านนางคุ้มที่ปลูกประดับตามอาคารบ้านเรือนหรือที่ขึ้นเองตามธรรมชาตินั้นมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปทั้งความเข้มแสงที่เข้มหรือต่ำเกินไป รวมถึงความยาววันของประเทศไทยด้วยมีทั้งวันสั้นและวันยาวซึ่งไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของว่านนางคุ้ม ทำให้มีการออกดอกไม่พร้อมเพรียงกัน หรือในบางกรณีไม่สามารถออกดอกได้เลย และยังพบปัญหาคุณภาพดอกลดลง เช่น ช่อดอกมีขนาดเล็กและสั้น จำนวนดอกย่อยต่อช่อน้อย รวมทั้งเกิดอาการดอกย่อยฝ่อ ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากการสะสมอาหารสำรองและธาตุอาหารภายในหัวพันธุ์ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N Ratio ในหัวพันธุ์ ระดับคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนที่สูงขึ้นจะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากตาใบเป็นตาดอก (รวี, 2542)

การพรางแสงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิสูง ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช การลดปริมาณแสงที่พืชได้รับอาจส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาหลายด้าน เช่น ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง การออกดอก การพัฒนาของผลผลิต ตลอดจนคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีภายในพืช (Hernández et al., 2019) ความยาววันเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช โดยเฉพาะกระบวนการออกดอก ซึ่งเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์การตอบสนองต่อความยาววันหรือ Photoperiodism (Glover, 2014) พืชสามารถรับรู้และตอบสนองต่อระยะเวลาของแสงและความมืดในแต่ละวัน ทำให้สามารถปรับวงจรการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลได้ (Thomas & Vince-Prue, 1966)

แสงเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการสังเคราะห์แสง เมื่อพืชได้รับความเข้มแสงและความยาววันที่เหมาะสม จะมีการสร้างน้ำตาลเพิ่มขึ้นและสะสมในรูปของแป้งและน้ำตาลสำรอง (TNC) ในใบ ลำต้น หรือหัวพืช (Veneklaas & den Ouden (2005) TNC เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเปลี่ยนจากระยะเจริญเติบโตสู่ระยะสืบพันธุ์ การสร้างตาดอก ช่อดอก และดอก ต้องใช้พลังงานและคาร์บอนจำนวนมาก พืชจึงมักสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้ก่อนเข้าสู่ระยะออกดอก โดยเฉพาะพืชหัวและไม้ดอกหลายชนิด (Bernier et al., 1993; Corbesier et al., 1998) การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงและความยาววันส่งผลต่อปริมาณ

คาร์โบไฮเดรตที่พืชสามารถสังเคราะห์และสะสมได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อการสะสม TNC และอัตราส่วน C/N ratio ที่เกี่ยวข้องกับการชักนำการออกดอก แม้ว่าจะมีรายงานผลของความเข้มแสงและความยาววันต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกในพืชหลายชนิด แต่ข้อมูลเกี่ยวกับผลของปัจจัยดังกล่าวต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N ratio ในพืชหัว โดยเฉพาะว่านนางคุ้มยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการศึกษาอิทธิพลของการพรางแสงและความยาววันต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N Ratio ในหัวว่านนางคุ้ม ซึ่งสามารถช่วยให้ว่านนางคุ้ม มีการออกดอกและคุณภาพดอกที่ดีขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ว่านนางคุ้ม (*P. amboinensis*) เป็นไม้ดอกไม้กระถางที่มีการปลูกเลี้ยงในประเทศไทยมาเป็นเวลานาน (กาญจนา, 2543) จัดเป็นพืชหัวอายุหลายปีที่มีวงจรการเจริญเติบโตเป็นแบบฤดูกาล โดยเริ่มจากการแทงช่อดอกจากหัวใต้ดินในช่วงเดือนเมษายน–พฤษภาคม จากนั้นจึงเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางใบในช่วงเดือนมิถุนายน–พฤศจิกายน ในระยะดังกล่าวพืชจะสังเคราะห์และสะสมอาหารไว้ในหัว เมื่อเข้าสู่ช่วงปลายฤดูฝนประมาณเดือนพฤศจิกายน ใบจะเริ่มยุบตัวและแห้งตามธรรมชาติ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ระยะพักตัว (dormancy) ตั้งแต่เดือนธันวาคมจนถึงเดือนมีนาคม ก่อนเริ่มวงจรการเจริญเติบโตและการออกดอกในฤดูถัดไป (วัชราภรณ์, 2543) ดอกสีขาวก้านช่อดอกยาว ใบสีเขียวสด (สอาด และคณะ, 2533) ปาริชาติ และพิมพ์ใจ (2540) รายงานว่า ว่านนางคุ้มเป็นพืชที่มีใบและดอกสีสันสวยงาม จึงมีศักยภาพในการใช้เป็นไม้ตัดดอกและไม้ประดับสำหรับตกแต่งอาคารหรือสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

แสงเป็นปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานหลักที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเจริญเติบโตและการสะสมอาหาร นอกจากบทบาทในการผลิตอาหารแล้ว แสงยังมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาหลายด้านของพืช เช่น การสร้างโปรตีน การสูญเสียน้ำผ่านการคายน้ำ และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก ซึ่งล้วนส่งผลต่อการพัฒนาและการดำรงชีวิตของพืช (Shahak, 2000) อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มแสงที่พืชได้รับ ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมและพื้นที่ปลูก ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจะรับพลังงานแสงในรูปของโฟตอนผ่านเม็ดสีคลอโรฟิลล์ที่อยู่ภายในคลอโรพลาสต์ของเซลล์ใบ พลังงานแสงที่ถูกดูดซับจะถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีเพื่อสร้างสารอินทรีย์สำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยปริมาณโฟตอนที่พืชได้รับมีผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง กล่าวคือ เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นตาม จนกระทั่งถึงระดับที่พืชสามารถใช้ประโยชน์จากแสงได้สูงสุด ซึ่งเรียกว่าจุดอิ่มตัวแสง (light saturation point) (DIMLUX, 2021)

ความเข้มแสง (Light Intensity) คือปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณสารอาหารที่พืชสามารถผลิตและสะสมได้ในแต่ละวัน โดยทั่วไปก็จะแบ่งพืชตามความต้องการแสงของพืชแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลักๆ 1. พืชที่ต้องการแสงแดดจัด (Sun Plants) มีจุดชดเชยแสงและจุดอิ่มตัวแสงสูง ต้องเลี้ยงกลางแจ้งเพื่อสะสมอาหารให้เต็มที่ 2. พืชที่ต้องการแสงแดดรำไร (Shade Plants) มีจุดชดเชยแสงและจุดอิ่มตัวแสงต่ำ สามารถสะสมอาหารได้ดีแม้ในที่แสงน้อย หากเจอแดดจัดเกินไปใบจะเสียหาย

การศึกษาของ สุทธิพร และคณะ (2558) รายงานว่าว่านแสงอาทิตย์ที่ปลูกในสภาพการพรางแสง 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างมากที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม Veneklaas and den Ouden (2005) ศึกษาการปลูกต้นไทรย้อยและไทรใบยาวภายหลังการย้ายไปอยู่ภายใต้สภาพร่มจัด รายงานว่าการได้รับแสงต่ำทำให้ TNC ในใบและลำต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยพืชจะนำคาร์โบไฮเดรตสะสมมาใช้เพื่อรักษาการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต เมื่อการสังเคราะห์แสงไม่เพียงพอ Liu et al. (2024) รายงานว่า กล้าสน (*Pinus yunnanensis.*) ที่ไม่ได้รับการพรางแสงมีปริมาณแป้งและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่องค์ประกอบโครงสร้าง (NSC) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการพรางแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราส่วนของน้ำตาลละลายน้ำต่อแป้ง (soluble sugar/starch ratio) มีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับการพรางแสง

ความยาววันหรือช่วงแสงก็มีผลกับการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของพืชด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปพืชแต่ละชนิดก็ต้องการความยาวของแสงที่ไม่เท่ากันโดยแบ่งความต้องการแสงของพืชได้ 3 กลุ่มหลักๆ 1. พืชวันสั้น (Short-day plants) พืชที่ต้องการช่วงแสงต่อวัน สั้นกว่าความยาววันวิกฤตมักน้อยกว่า 12 ชั่วโมง จึงจะเริ่มสร้างตาดอก 2. พืชวันยาว (Long-day plants) พืชที่ต้องการช่วงแสงต่อวัน ยาวกว่าความยาววันวิกฤต มักมากกว่า 12-14 ชั่วโมง จึงจะสามารถกระตุ้นการออกดอกและสะสมน้ำหนักแห้งได้ 3. พืชไม่ตอบสนองต่อช่วงวัน (Day-neutral plants) พืชที่การออกดอกไม่ได้ขึ้นอยู่กับความยาววัน แต่ขึ้นอยู่กับ อายุของพืช และความสมบูรณ์ของต้น

การศึกษาของ Shanmugam & Muthuswamy (1974) รายงานว่า ความยาววันมีอิทธิพลต่อการสะสมธาตุอาหารและคาร์โบไฮเดรตในพืช โดยสภาพความยาววันที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมให้ใบเบญจมาศมีปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในระดับที่สูงขึ้น อภิชาติ และคณะ (2550) รายงานว่าปทุมมาที่ปลูกในสภาพความยาววันที่ 13 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) สะสมในหัวใหม่และรากสะสมอาหารสูงกว่ากรรมวิธีอื่น สะท้อนให้เห็นว่าความยาววันสามารถส่งผลต่อการสังเคราะห์ การเคลื่อนย้าย และการสะสมคาร์โบไฮเดรตภายในพืช

TNC (Total Non-Structural Carbohydrates) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างเป็นรูปแบบของคาร์บอนสำรองที่สำคัญในพืช ประกอบด้วยน้ำตาลและแป้งซึ่งสามารถถูกนำกลับมาใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมเมื่อพืชมีความต้องการพลังงานหรือเมื่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่เพียงพอ TNC จึงทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนสำรองที่ช่วยรักษาสมดุลระหว่างการผลิตและการใช้คาร์บอนภายในพืช อีกทั้งยังมีบทบาทในการสนับสนุนการเจริญเติบโต การหายใจ และการฟื้นตัวของพืชภายใต้สภาวะความเครียดจากสิ่งแวดล้อม เช่น ความเข้มแสงต่ำหรือการขาดธาตุอาหาร ดังนั้นระดับ TNC จึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สถานะคาร์บอนของพืชได้ (Martínez-Vilalta et al., 2016).

C/N ratio อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึม (signaling network) ของพืช ซึ่งต้องอาศัยการทำงานที่สอดประสานกันเพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตและการพัฒนา สมดุลของ C/N มีบทบาทสำคัญในระดับการกำกับการจัดสรรทรัพยากรของพืช เพื่อการสร้างมวลชีวภาพ (biomass) และการสะสมสารอาหาร มากกว่าการพิจารณาปริมาณของคาร์บอนหรือไนโตรเจนเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง การไม่สมดุลของอัตราส่วนดังกล่าวสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตและการแสดงออกทางสัณฐานวิทยาของพืช โดยในสภาวะที่มีค่า C/N สูง

(คาร์บอนมากกว่าไนโตรเจน) พืชมักลดอัตราการเจริญเติบโตและเพิ่มการสะสมคาร์โบไฮเดรต ขณะที่ในสภาวะ C/N ต่ำ พืชจะมีการส่งเสริมการใช้คาร์บอนเพื่อการสร้างใบและการสังเคราะห์โปรตีนมากขึ้น (Zheng, Y. 2009). ดังนั้น ความเข้มแสงและความยาววันจึงเป็นปัจจัยแวดล้อมสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช สำหรับว่านนางคุ้ม ซึ่งเป็นพืชหัวที่มีวงจรการเจริญเติบโตแบบฤดูกาล การสะสมคาร์โบไฮเดรตในหัวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการแทงช่อดอกและการเจริญเติบโตในระยะถัดไป การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงและความยาววันอาจส่งผลต่อสมดุลการผลิตและการใช้คาร์โบไฮเดรตในพืช ซึ่งอาจสะท้อนออกมาในรูปของปริมาณ TNC และอัตราส่วน C/N Ratio ภายในหัว

3. วิธีการดำเนินงาน

การทดลองที่ 1

อิทธิพลของการพรางแสงต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N ในหัวว่านนางคุ้ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ โดยทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่พรางแสง ทรีตเมนต์ที่ 2 พรางแสง 50% ทรีตเมนต์ที่ 3 พรางแสง 70% ทุกทรีตเมนต์จะปลูกบนโรงเรือนไม้ไผ่ กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร มีความสูงจากพื้น 45 เซนติเมตร ตีเส้นด้วยไม้ไผ่แนวยาวระยะห่างระหว่างแถว 5 เซนติเมตร 1 โรงเรือนต่อ 1 ทรีตเมนต์ภายในโรงเรือนจะมีอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ (Multi-Use PDF TEMP and RH Data Logger Model; TempU03) การทดลองระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคมพ.ศ. 2567 ระยะเวลา 10 เดือน

พืชทดลอง การปฏิบัติดูแล และข้อมูลสภาพแวดล้อม

คัดเลือกหัวพันธุ์ว่านนางคุ้มที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา จังหวัดลำปาง นำมาชำด้วยวัสดุเพาะชำในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายสีดำ 50% หลังจากนั้นนำต้นที่อยู่ในวัสดุเพาะชำมาลงปลูกในแปลงของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จนหัวพันธุ์มีอายุ 3 ปี จากนั้นนำหัวที่อยู่ในระยะการพักตัวแบบสมบูรณ์มาทำความสะอาด ตัดราก ตัดใบ แกะเปลือกหุ้มหัวพันธุ์ที่แห้งออก แล้วคัดหัวพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.03–5.6 เซนติเมตร น้ำหนักหัว 70.51–96.22 กรัม จำนวน 30 หัว เพื่อใช้สำหรับการศึกษาในลำดับต่อไป

เริ่มดำเนินการทดลองโดย โรงเรือนที่ 1 ไม่มีการพรางแสง โรงเรือนที่ 2 คลุมด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% และโรงเรือนที่ 3 คลุมด้วยตาข่ายพรางแสง 70% ในการปลูกโดยใช้วัสดุปลูกประกอบด้วย แกลบดิบ : ทรายหยาบ : ถ่านแกลบ ในอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1 : 1 ผสมเข้ากันแล้วเทลงในกระถางขนาด 10 นิ้ว จำนวน 1 หัวต่อกระถาง แล้วนำไปจัดเรียงในโรงเรือนจัดเป็น 3 แถวแนวยาว แถวที่ 1 จัดวาง 4 กระถาง แถวที่ 2 จัดวาง 2 กระถาง แถวที่ 3 จัดวาง 4 กระถาง รวมเป็น 10 กระถาง ระยะห่างระหว่างต้นและแถวห่างกัน 25 เซนติเมตร จัดเรียงเหมือนกันทุกโรงเรือน

การดูแลรักษาต้นว่านนางคุ้มตลอดการทดลอง มีการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์นาน 30 นาที ความถี่ 2 วันต่อครั้ง ให้ปุ๋ยสูตร 16 – 16 – 16 ปริมาณ 4 กรัม ทุกๆ 30 วัน

ตารางที่ 1 ตารางความเข้มแสงในโรงเรือนเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม ปี 2567

เดือน	ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่พรางแสง (Lux)	ทรีตเมนต์ที่ 2 พรางแสง 50% (Lux)	ทรีตเมนต์ที่ 3 พรางแสง 70% (Lux)
มีนาคม	58,557	24,260	13,210
เมษายน	54,000	12,743	6,080
พฤษภาคม	49,533	29,653	16,463
มิถุนายน	35,393	10,520	4,787
กรกฎาคม	48,440	10,167	9,227
สิงหาคม	83,967	30,300	22,467
กันยายน	41,417	20,873	13,800
ตุลาคม	10,440	3,380	1,183
พฤศจิกายน	34,077	13,917	9,033
ธันวาคม	25,617	11,490	6,630

ตารางที่ 2 ตารางอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม ปี 2567 ข้อมูลจาก Data Logger Model; TempU03

เดือน	ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่พรางแสง		ทรีตเมนต์ที่ 2 พรางแสง 50%		ทรีตเมนต์ที่ 3 พรางแสง 70%	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
มีนาคม	36.17	27.33	36.10	26.67	36.50	29.33
เมษายน	42.27	33.23	40.13	38.63	39.60	39.50
พฤษภาคม	34.83	68.50	32.73	72.03	32.30	74.00
มิถุนายน	33.87	54.67	32.40	60.70	31.83	62.23
กรกฎาคม	37.70	50.10	35.67	53.53	34.53	56.40
สิงหาคม	38.13	53.20	36.73	59.03	35.43	61.63
กันยายน	31.23	66.90	30.23	73.23	29.80	74.93
ตุลาคม	31.33	47.67	29.83	51.00	30.27	52.33
พฤศจิกายน	32.27	62.63	29.80	71.10	29.47	71.77
ธันวาคม	32.60	53.17	30.60	55.17	29.33	57.13

การทดลองที่ 2

อิทธิพลของความยาววันต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และอัตราส่วน C/N ในหัวว่านนางคุ้ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ โดยทรีตเมนต์ที่ 1 ให้แสงตามตามธรรมชาติ ทรีตเมนต์ที่ 2 ให้แสงเพิ่มจากธรรมชาติ 4 ชั่วโมง เริ่มให้แสงตั้งแต่ 03.00 – 07.00 น. ทรีตเมนต์ที่ 3 ให้แสงเพิ่มจากธรรมชาติ 6 ชั่วโมง เริ่มให้แสงตั้งแต่ 01.00 – 07.00 น. ทุกทรีตเมนต์ปลูกจะปลูกบนโรงเรือนไม้ไผ่ กว้าง

120 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร มีความสูงจากพื้น 45 เซนติเมตร ตีเส้นด้วยไม้ไผ่แนวยาวระยะห่างระหว่างแถว 5 เซนติเมตร 1 โรงเรือนต่อ 1 ทรีตเมนต์ภายในโรงเรือนจะมีอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (Multi-Use PDF TEMP and RH Data Logger Model; TempU03) การทดลองระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคมพ.ศ. 2567 ระยะเวลา 10 เดือน

พืชทดลอง การปฏิบัติดูแล และข้อมูลสภาพแวดล้อม

คัดเลือกหัวพันธุ์ว่านนางคุ้มที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มทร.ล้านนา จังหวัดลำปาง นำมาชำด้วยวัสดุเพาะชำในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายสีดำ 50% หลังจากนั้นนำต้นที่อยู่ในวัสดุเพาะชำมาลงปลูกในแปลงของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จนหัวพันธุ์มีอายุ 3 ปี จากนั้นนำหัวที่อยู่ในระยะการพักตัวแบบสมบูรณ์มาทำความสะอาด ตัดราก ตัดใบ แกะเปลือกหุ้มหัวพันธุ์ที่แห้งออก แล้วคัดหัวพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.2–6.9 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 92.53–173.70 กรัม จำนวน 30 หัว เพื่อใช้สำหรับการศึกษาในลำดับต่อไป

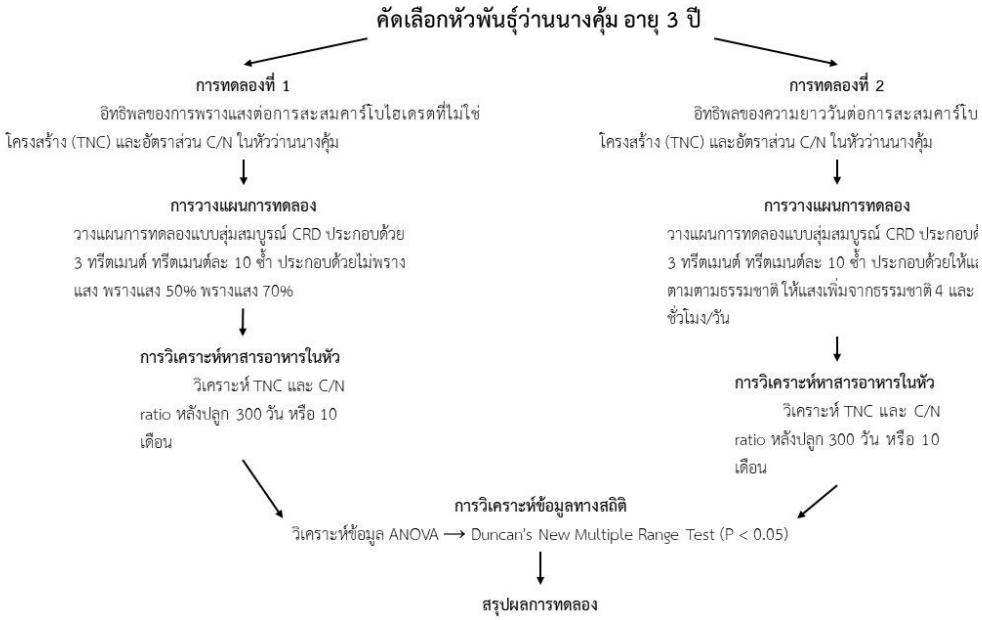
เริ่มดำเนินการทดลองโดย ทุกโรงเรือนจะพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% และโรงเรือนที่ 1 จะไม่มีการติดตั้งหลอดไฟ โรงเรือนที่ 2 จะติดตั้งหลอดไฟ LED warm white T8 22 วัตต์ ในการให้ความยาววัน เริ่มให้ไฟ 03.00–07.00 น. ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น 4 ชั่วโมง โรงเรือนที่ 3 จะติดตั้งหลอดไฟ LED warm white T8 22 วัตต์ ในการให้ความยาววัน เริ่มให้ไฟ 01.00–07.00 น. ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น 6 ชั่วโมง ใช้ Timer switch รุ่น TM-B20 Haco (ออกแบบและจัดจำหน่ายโดยบริษัท ฮาโก้ อิเลคทริค ประเทศไทย จำกัด) ในการควบคุมการเปิด/ปิดไฟ แล้วตามด้วยความยาววันตามจากดวงอาทิตย์จนหมดวัน โรงเรือนที่ 2 และ 3 จะติดตั้งหลอด LED อยู่เหนือใบว่านนางคุ้ม 35 เซนติเมตร ว่านนางคุ้มได้รับความเข้มแสง 6,000 ลักซ์ ทำการปรับระยะของหลอดไฟทุกๆ 15 วัน เพื่อให้ได้รับความเข้มแสงที่คงที่

ตารางที่ 3 ตารางความยาววันเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม ปี 2567 อ้างอิงจาก (วรเชษฐ์, 2565)

เดือน	ทรีตเมนต์ที่ 1 ความยาววันตามธรรมชาติ ชั่วโมง/วัน	ทรีตเมนต์ที่ 2 เพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 4 ชั่วโมง/วัน	ทรีตเมนต์ที่ 3 เพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 6 ชั่วโมง/วัน
มีนาคม	12:02	15:31	17:31
เมษายน	12:34	15:39	17:39
พฤษภาคม	13:00	15:48	17:48
มิถุนายน	13:13	15:59	17:59
กรกฎาคม	13:06	16:01	18:02
สิงหาคม	12:44	15:47	17:47
กันยายน	12:14	15:23	17:23
ตุลาคม	11:43	14:59	16:59
พฤศจิกายน	11:17	14:45	16:45
ธันวาคม	11:03	14:49	16:49

ตารางที่ 4 ตารางอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม ปี 2567 ข้อมูลจาก Data Logger Model; TempU03

เดือน	ทรีตเมนต์ที่ 1 ความยาววันตามธรรมชาติ		ทรีตเมนต์ที่ 2 เพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 4 ชั่วโมง/วัน		ทรีตเมนต์ที่ 3 เพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 6 ชั่วโมง/วัน	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
มีนาคม	31.60	48.30	31.50	48.30	31.60	48.40
เมษายน	32.20	53.70	32.50	53.30	32.50	53.60
พฤษภาคม	31.00	67.00	31.20	66.50	31.30	66.10
มิถุนายน	29.50	74.70	29.60	74.30	29.70	74.10
กรกฎาคม	28.60	80.00	28.60	79.90	28.90	78.70
สิงหาคม	27.99	83.75	27.84	84.26	28.00	83.58
กันยายน	27.79	84.77	27.54	85.57	27.61	85.07
ตุลาคม	27.22	83.23	26.89	84.16	26.75	84.41
พฤศจิกายน	25.15	80.36	24.53	82.19	24.53	81.82
ธันวาคม	22.18	77.54	21.52	79.56	21.61	78.76



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการทดลอง

การเก็บข้อมูล

การเก็บบันทึกข้อมูลของทั้ง 2 การทดลอง หลังจากการพักตัวของหัวแล้วจะทำการเลือกหัวพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดแล้วสุ่มทรีตเมนต์ละ 3 หัว แล้วทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ TNC และ C/N ratio วิเคราะห์ TNC โดยวิธีการของ (A.O.A.C., 1990)

วิธีการคำนวณ TNC= $\frac{\text{(mg glucosc equivalent)} \quad X \quad \text{(Volume make)}}{\text{Weight of sample} \quad X \quad \text{Volume take}}$ mg D-glucose/g dry weight

โดย mg glucosc equivalent = ค่าความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Volume make = ปริมาตรสุดท้ายของสารสกัดตัวอย่างพืช

Weight of sample = น้ำหนักแห้งของพืช

Volume take = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ทดสอบค่าดูดกลืนแสง (1 มิลลิลิตร)

และ C/N ratio วิธีการคำนวณ

$$\text{C/N ratio} = \frac{\text{\% TNC (Totol Non-Structural Carbohydrates)}}{\text{\% N (Totol Nitrogen)}}$$

วิธีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 การทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 26.0 เมื่อผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และรายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาของ หงส์ชัย และรุ่งนภา (2569) รายงานผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตของว่านนางคุ้ม พบว่า การพรางแสง 50% และ 70% มีผลต่อความกว้างใบและความยาวใบ (*P-Value < 0.05*) โดยมีความกว้างใบอยู่ที่ 23.27 ± 1.13 และ 23.45 ± 3.77 cm ตามลำดับ ความยาวใบอยู่ที่ 24.81 ± 1.62 และ 25.57 ± 3.89 cm ตามลำดับ การพรางแสง 70% มีผลต่อความเขียวใบ (*P-Value < 0.01*) โดยมีความเขียวใบอยู่ที่ 33.39 ± 2.60 SPAD unit ส่วนความเข้มแสงของแต่ละระดับ ไม่มีผลต่อจำนวนใบต่อต้น (*P > 0.05*) อยู่ระหว่าง 5.00 ± 1.25 – 7.50 ± 5.48 ใบ

ตารางที่ 5 ผลของการพรางแสงต่อจำนวนใบต่อต้น ความเขียวใบ ความกว้างใบ และความยาวใบของว่านนางคุ้ม

Treatment	Number of leaves/ plant	Leaf greenness (SPAD unit)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
T1 : No shading	5.30 ± 3.20	24.42 ± 2.06c	19.84 ± 2.94b	22.13 ± 2.87b
T2 : 50% shading	5.00 ± 1.25	27.95 ± 3.77b	23.27 ± 1.13a	24.81 ± 1.62ab
T3 : 70% shading	7.50 ± 5.48	33.39 ± 2.60a	23.45 ± 3.77a	25.57 ± 3.89a
F-test	ns	**	*	*
P-Value	0.28	0.000	0.01	0.04
C.V. (%)	62.98	10.14	12.78	12.18

Notes: ns = non–Significant difference at p > 0.05, * = Significant at p < 0.05 , ** = Significantat at p < 0.01

ผลการทดลองการทดลองที่ 1 ผลการพรางแสงต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (Total Non-structural Carbohydrates ; TNC) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในหัวว่านนางคุ้ม จากการทดลอง พบว่า ความเข้มแสงในระดับไม่พรางแสง พรางแสง 50% และพรางแสง 70% ไม่มีผลต่อปริมาณ TNC และ C/N Ratio (*P-Value > 0.05*) โดยปริมาณ TNC มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 102.10±48.20 ถึง 150.33±59.54 mg D-glucose/g dry weight และปริมาณ C/N Ratio มีค่าเฉลี่ยของสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 18.91±9.25 ถึง 42.99±42.82 % (คาร์บอน : ไนโตรเจน = 18.91–42.99 : 1)

ตารางที่ 6 ผลการพรางแสงต่อปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dry weight) และ C/N Ratio (%) ในหัวว่านนางคุ้ม

Treatment	TNC (mg D-glucose/g dry weight)	C/N Ratio (%)
T1 : No shading	102.10±48.20a	18.91±9.25a
T2 : 50% shading	137.78±97.13a	42.99±42.82a
T3 : 70% shading	150.33±59.54a	42.80±13.34a
F-test	ns	ns
P-Value	0.71	0.48

C.V. (%)	54.91	75.75

Notes: ns = non–Significant difference at p > 0.05

ผลการศึกษาของ หงส์ชัย และรุ่งนภา (2568) รายงานผลของความยาววันต่อการเจริญเติบโตของว่านนางคุ้ม พบว่า การเพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 4 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน มีผลต่อ จำนวนใบต่อต้น (*P-Value < 0.05*) และความเขียวใบ (*P-Value < 0.01*) โดยมีจำนวนใบต่อต้นอยู่ที่ 3.20 ± 0.79 และ 3.80 ± 1.75 ใบ ตามลำดับ และความเขียวใบอยู่ที่ 35.08 ± 3.83 และ 37.86 ± 1.94 SPAD unit ตามลำดับ ส่วนความยาววันแต่ละระดับ ไม่มีผลต่อความกว้างและความยาวใบ (*P > 0.05*) โดย ความกว้างใบอยู่ระหว่าง 24.55 ± 5.65 – 27.11 ± 3.58 cm และความยาวใบอยู่ระหว่าง 22.69 ± 2.37 – 23.86 ± 3.91 cm ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลของความยาววันต่อจำนวนใบต่อต้น ความเขียวใบ ความกว้างใบ และความยาวใบของว่านนางคุ้ม

Treatment	Number of leaves/ plant	Leaf greenness (SPAD unit)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
Natural photoperiod	2.40 ± 0.70b	30.24 ± 3.36b	27.11 ± 3.58	23.86 ± 3.41
Natural photoperiod + 4 h extension	3.20 ± 0.79ab	35.08 ± 3.83a	26.01 ± 3.96	22.69 ± 2.37
Natural photoperiod + 6 h extension	3.80 ± 1.75a	37.86 ± 1.94a	24.55 ± 5.65	23.86 ± 3.91
F-test	0.04	0.00004	0.45	0.20
P-Value	*	**	ns	ns
C.V. (%)	37.71	9.15	25.22	14.04

Notes: ns = non–Significant difference at p > 0.05, * = Significant at p < 0.05 , ** = Significantat at p < 0.01

ผลการทดลองการทดลองที่ 2 ผลของความยาววันต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (Total Non-structural Carbohydrates ; TNC) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในหัวว่านนางคุ้ม จากการทดลอง พบว่า การให้แสงตามธรรมชาติ ให้แสงเพิ่มจากธรรมชาติ 4 ชั่วโมงต่อวัน และให้แสงเพิ่มจากธรรมชาติ 6 ชั่วโมงต่อวัน ไม่มีผลต่อปริมาณ TNC และ C/N Ratio (*P-Value > 0.05*) โดยปริมาณ TNC มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 112.25±85.98 ถึง 150.62±64.21 mg D-glucose/g dry weight และปริมาณ C/N Ratio มีค่าเฉลี่ยของสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 36.00±10.49 ถึง 37.80±35.35 % (คาร์บอน : ไนโตรเจน = 36.00–37.80 : 1)

ตารางที่ 8 ผลความยาววันต่อปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dry weight) และ C/N Ratio (%) ในหัวว่านนางคุ้ม

Treatment	TNC (mg D-glucose/g dry weight)	C/N Ratio (%)
Natural photoperiod	150.62±64.21a	36.00±10.49a

Natural photoperiod + 4 h extension	146.91±19.29a	36.04±17.81a
Natural photoperiod + 6 h extension	112.25±85.98a	37.80±35.35a
F-test	ns	ns
P-Value	0.73	0.99
C.V. (%)	46.08	64.57

Notes: ns = non–Significant difference at p > 0.05

5. สรุปและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 จากการทดลองผลการพรางแสงต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (Total Non-structural Carbohydrates ; TNC) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในหัวว่านนางคุ้ม พบว่าการพรางแสงไม่มีผลต่อปริมาณ TNC และ C/N Ratio ว่านนางคุ้มเป็นไม้หัวที่มักพบในสภาพป่าธรรมชาติ จึงอาจมีความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแสงผ่านกลไกทางสรีรวิทยาได้ดี ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าไม้ป่านั้นมีความสามารถในการปรับตัวสูงในด้านสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง สอดคล้องกับการศึกษาของ Veneklaas and den Ouden (2005) ได้ศึกษาพืชสกุลไทร (*Ficus*) ที่ถูกย้ายปลูกในสภาพที่มีการให้ร่มเงา พบว่าไทรสามารถปรับตัวต่อสภาพร่มเงาจัดได้ โดยแม้ปริมาณ TNC จะลดลงในระยะแรก แต่จะกลับมาคงที่หลังจากเกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยา แม้จะเป็นคนละชนิดพืช แต่สะท้อนให้เห็นว่าพืชสามารถปรับตัวต่อสภาพแสงผ่านการปรับทางสรีรวิทยาได้ การพรางแสง 50% และ 70% อาจยังไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการสะสม TNC และค่า C/N ratio ในว่านนางคุ้ม เนื่องจากระดับการพรางแสงที่ใช้ในการทดลองยังอยู่ในช่วงที่ว่านนางคุ้มสามารถปรับตัวทางสรีรวิทยา (physiological adjustment) เพื่อรักษาสมดุลภายในได้ นอกจากนี้ หัวพันธุ์ว่านนางคุ้มซึ่งเป็นอวัยวะสะสมอาหารจึงมีบทบาทในการรักษาสมดุลคาร์บอนภายในพืช โดยช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น การได้รับแสงน้อยหรือความเครียดอื่นๆ ทำให้ปริมาณ TNC ในอวัยวะสะสมอาหารไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Hartmann and Trumbore, 2016) แม้ว่าปริมาณ TNC และ C/N ratio จะไม่เปลี่ยนแปลง แต่การพรางแสง 70% ส่งผลให้ความเขียวใบ ความกว้างใบและความยาวใบของว่านนางคุ้มดีที่สุด (หงส์ชัย และรุ่งนภา, 2569)

การทดลองที่ 2 ผลของความยาววันต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (Total Non-structural Carbohydrates ; TNC) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในหัวว่านนางคุ้ม พบว่าความยาววันไม่มีผลต่อปริมาณ TNC และ C/N Ratio แสดงให้เห็นว่าหัวของว่านนางคุ้มอาจมีกลไกในการรักษาความคงที่ของคาร์โบไฮเดรตสะสม เพื่อคงสมดุลทางสรีรวิทยาของพืช แม้สภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลง โครงสร้างที่เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนขนาดใหญ่ยังทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ควบคุมการจัดสรรและเคลื่อนย้ายสารอาหารระหว่างใบและหัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น เมื่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมและไนโตรเจนในหัวสามารถรักษาระดับความคงที่ได้ จึงส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธี (du Toit et al., 2004) นอกจากนี้ การเพิ่มความยาววันจากธรรมชาติ 4 และ 6 ชั่วโมง อาจยังไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการรับสัญญาณแสงและการ

เปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในหัวอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากพืชกลุ่มไม้หัวมักต้องการช่วงแสงที่เหมาะสมหรือเฉพาะเจาะจงในการตอบสนองทางสรีรวิทยา (Atif et al., 2020) อีกทั้งการให้ความยาววันเพิ่มจากธรรมชาติ 4 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้จำนวนใบต่อต้นและความเขียวใบของว่านนางคุ้มดีที่สุด (หงส์ชัย และรุ่งนภา, 2568)

จากผลการศึกษาการพรางแสง 50% และ 70% รวมถึงการเพิ่มความยาววัน 4 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างทั้งหมด (TNC) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในหัวว่านนางคุ้ม ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาปัจจัยอื่นที่อาจมีผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในหัว เช่น ระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกันมากขึ้น คุณภาพของแสง (light quality) ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และอุณหภูมิ รวมทั้งควรศึกษากลไกระดับสรีรวิทยาและชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง การเคลื่อนย้าย และการสะสมคาร์โบไฮเดตภายในของว่านนางคุ้ม เพื่ออธิบายว่าพืชสามารถรักษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในหัวได้อย่างไรเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง

ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการตอบสนองของว่านนางคุ้มต่อการพรางแสงและการควบคุมความยาววันในด้านการสะสมคาร์โบไฮเดรตและสมดุลคาร์บอน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับการผลิตว่านนางคุ้มเป็นไม้ตัดดอกและไม้ประดับ โดยผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการพรางแสงในระดับ 50% และ 70% การเพิ่มความยาววัน 4 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ TNC และ C/N ratio ในหัว จึงสามารถเลือกใช้วิธีการจัดการแสงตามวัตถุประสงค์ด้านการเจริญเติบโตหรือการผลิตได้ โดยไม่กังวลว่าจะส่งผลต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตในหัวภายใต้สภาพการทดลองนี้ นอกจากนี้ผลการศึกษายังใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับนักวิจัยในการศึกษาสรีรวิทยาของพืชหัวเขตร้อน และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยด้านการจัดการแสงการผลิตไม้ดอกประเภทหัว และการอนุรักษ์หรือขยายพันธุ์ว่านนางคุ้มในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

กาญจนา สุทธิกุล. (2543). ผลของสารเคมีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของดอกว่านนางคุ้มและกระเจียว [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)สาขาพืชสวน]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 153 น.

ดิเรก ทองอร่าม. (2546). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน:หลักการจัดการ การผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 640 น.

ปาริชาติ จิตนันท์ และพิมพ์ใจ อาภาวัชรุตม์. (2540). การขยายพันธุ์ว่านนางคุ้มในสภาพปลอดเชื้อ. *วารสารเกษตร*, *13*(2), 145–153. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/247354/169211

รวี เสรฐภักดี. (2542). การออกดอกของลำไยและการใช้สารบังคับ. เคหการเกษตร, *23*(4), 88–96.

วรเชษฐ์ บุญปลอด. (2565). เวลาดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ขึ้น-ตก พ.ศ. 2566 จังหวัดลำปาง. สมาคมดาราศาสตร์ไทย. https://thaiastro.nectec.or.th/skyevnt/sunmoon/2023/lampang.html

วัชราภรณ์ พวงแก้ว และฉันทนา สุวรรณธาดา. (2543). วงจรการเจริญเติบโตของว่านนางคุ้ม. วารสารเกษตร, *16*(3), 231–235. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/247201/169108

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2568). ส่องเทรนด์การค้าไม้ตัดดอกของไทยในตลาดต่างประเทศhttps://www.tpso.go.th/news/2503-0000000004

สุทธิพร มานะบารมีกุล, พัชรี คำปาต๋ำ และรุ่งนภา ช่างเจรจา. (2558). ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโต การออกดอก ปริมาณไนโตรเจน และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างของว่านมหาลาภ. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, 30(2), 1–8 https://cads.arda.or.th/th/documents/research/e61540c3-1b19-489f-a31a-d0b0df80d461_th-TH

หงส์ชัย พงษ์ขาว และรุ่งนภา ช่างเจรจา. 2568. ผลของความยาวช่วงแสงต่อการออกดอกและการเจริญเติบโตของว่านนางคุ้ม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 56(3): 172–181. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/ASJ/article/view/264189/181555

หงส์ชัย พงษ์ขาว และรุ่งนภา ช่างเจรจา. 2569. ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารในหัวว่านนางคุ้ม. วารสารปริทรรศน์วิทยาศาสตร์สุขภาพและเทคโนโลยี 19(1): 26–33. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/journalup/article/view/269174/182007

อภิชาติ ชิดบุรี, ฉันทนา สุวรรณธาดา, วีณัน บัณฑิตย์, ทากูจิ โอยามา และโสระยา ร่วมรังสี. (2550). ผลของความยาววันต่อการเติบโต การสังเคราะห์สง และการสะสมอาหารในปทุมมา. วารสารเกษตร, *23*(2), 150–113. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/246312/168421

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

Atif, M. J., Ahanger, M. A., Amin, B., Ghani, M. I., Ali, M., & Cheng, Z. (2020). Mechanism of Allium crops bulb enlargement in response to photoperiod: A review. International Journal of Molecular Sciences, *21*(4), 1325. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32079095/

Bernier, G., Havelange, A., Houssa, C., Petitjean, A. & Lejeune, P. (1993). Physiological signals that induce flowering. The Plant Cell, *5*, 1147–1155.

Corbesier, L., Lejeune, P. & Bernier, G. (1998). The role of carbohydrates in the induction of flowering in Arabidopsis thaliana: comparison between the wild type and a starchless mutant. Planta, *206*, 131–137. https://link.springer.com/article/10.1007/s004250050383

DIMLUX North America. 2021. Guide to photosynthesis Light quality and intensity explained. Available: https://www.dimluxlighting.com/knowledge/blog/guide-to-photosynthesis-light-quality-intensity-and-photoperiod-explained/

du Toit, E. S., Robbertse, P. J., & Niederwieser, J. G. (2004). Plant carbohydrate partitioning of Lachenalia cv. Ronina during bulb production. Scientia Horticulturae, 102(4), 433–440. https://www.researchgate.net/publication/251563360_Plant_carbohydrate_partitioning_of_Lachenalia_cv_Ronina_during_bulb_production

Glover, B. (2014). Understanding Flowers and Flowering (2nd ed.) Oxford University Press, Oxford.

Hartmann, H., & Trumbore, S. (2016). Understanding the roles of nonstructural carbohydrates in forest trees – from what we can measure to what we want to know. New Phytologist, *211*(2), 386–403. https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13955

Hernández, V., Hellín, P., Fenoll, J. & Flores, P. (2019). Interaction of nitrogen and shading on tomato yield and quality. Scientia Horticulturae, *255*, 255–259. https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/PhysiologicalSignalsThatInduceFlowering.pdf?utm_source=chatgpt.com https://www.researchgate.net/publication/26886113_Carbon_and_nitrogen_nutrient_balance_signaling_in_plants

Liu, Y., Jing, H. & Wu., J. (2024). Non-structural carbohydrate (NSC) content and C:N:P stoichiometry of Pinus yunnanensis seedling needles in response to shade treatment. Industrial Crops & Products, *210*, 118138. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669024001183?utm_source=chatgpt.com

Martínez-Vilalta, J., Sala, A., Asensio, D., Galiano, L., Hoch, G., Palacio, S., Piper, F. I. & Lloret, F. (2016). Dynamics of non‐structural carbohydrates in terrestrial plants: a global synthesis. Ecological Monographs, *86*(4), 495–516. https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecm.1231

Shahak, Y. (2000). Colored shade nets a new agro-technology current research in ornamental. Retrived from http:// infoagro.net/Shared/docs/a2/coloredshadenets.pdf

Shanmugam, A. & Muthuswamy, S. (1974). Influence of photoperiod and growth regulators on the nutrient status of chrysanthemum. Indian Journal of Horticulture. 31(2): 186–193.

Thomas, B. & Vince-Prue, D. (1996). Photoperiodism in Plants (2nd ed.) Academic Press, New York.

Veneklaas, E. J., & den Ouden, F. (2005). Dynamics of non-structural carbohydrates in two Ficus species after transfer to deep shade. Environmental and Experimental Botany, *54*(2), 148–154. https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65dfe61163b8185d9cafe914

Veneklaas, E.L. & den Ouden, F.M. (2005) Dynamics of non-structural carbohydrates in two Ficus species after transfer to deep shade. Environmental and Experimental Botany, *54*, 148–154.

Zheng, Z. L. (2009). Carbon and nitrogen nutrient balance signaling in plants. Plant Signaling & Behavior, *4*(7), 584–591.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของใบกล้วยตานี

Effects of Paclobutrazol Concentrations on the Growth and Leaf Quality of Banana

หงส์ชัย พงษ์ขาว[1*] และสันติ ช่างเจรจา[2]

[1,2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

E-mail : *hongchai349@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของใบกล้วย ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2568 ถึงมีนาคม 2569 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารแพคโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพใบของกล้วยตานี วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ การไม่ให้สารแพคโคลบิวทราโซลและการให้สารในอัตรา 1,000, 1,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ (1 กอมี 3-7 ต้น) จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองทุก 30 วัน เป็นระยะเวลา 90 วัน ผลการศึกษาพบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความสูง อัตราการเพิ่มเส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบของกล้วยตานี แต่มีผลต่อความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวก้านใบ และความเขียวใบ โดยการใช้สารในอัตรา 1,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพใบได้ดีกว่าการไม่ใช้สาร ดังนั้นการใช้สารแพคโคลบิวทราโซลสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพใบของกล้วยตานีได้ แม้จะไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูง เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบ โดยอัตรา 1,500–3,000 มิลลิกรัมต่อกอเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการพัฒนาคุณภาพใบตองเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: กล้วยตานี, แพคโคลบิวทราโซล, คุณภาพใบ, ใบตอง, การเจริญเติบโต

Abstract

A study on the effect of paclobutrazol concentration on the growth and leaf quality of *Musa balbisiana Colla* was conducted at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang Province, from November 2025 to March 2026. The objective was to investigate the effect of paclobutrazol on the growth and leaf quality of *Musa balbisiana Colla*. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with four treatments was used: no paclobutrazol, and treatments at rates of 1,000, 1,500, and 3,000 mg per clump (3-7 plants per clump), with four replications. Results were recorded every 30 days for 90 days. The results showed that paclobutrazol treatment had no effect on height increase, stem circumference increase, or leaf number. However, it did affect leaf width, leaf length, petiole length, and leaf greenness. Treatments at rates of 1,500 and 3,000 mg per clump significantly improved leaf quality

compared to the control group (no treatment). Therefore, paclobutrazol can improve the leaf quality of *Musa balbisiana Colla*, even though it does not affect height growth. Trunk circumference and the number of leaves, with a rate of 1,500–3,000 milligrams per clump, are optimal for improving the quality of banana leaves for commercial use.

Keywords: *Musa balbisiana Colla*, Paclobutrazol, Leaf quality, Tani banana leaf, Plant growth

1. บทนำ

ใบตองนับเป็นอีกหนึ่งผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นที่นิยมใช้เป็นอย่างมากในธุรกิจอาหาร และประกอบในประเพณีของไทย อาทิ ทำบายศรี รวมถึงการทำกระทง โดยเฉพาะใบตองกล้วยตานี เนื่องจากจะมีลักษณะใบที่กว้าง เหนียว ทนทาน สีเขียวสดน่าใช้ ไม่เหี่ยวหรือแตกง่าย สามารถเก็บไว้ได้นาน ซึ่งจากฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกร มีพื้นที่ปลูกกล้วยตานีกว่า 6,200 ไร่ และในปีที่ผ่านมา(2566) มีมูลค่าการส่งออกกว่า 41 ล้านบาท สำหรับราคาปัจจุบันใบตองในช่วงเทศกาลวันลอยกระทง อยู่ที่ประมาณ 40 – 70 บาทต่อกิโลกรัม (NBT CONNEXT - กรมส่งเสริมการเกษตร ชู ใบตองกล้วยตานี เพิ่มรายได้เกษตรกรช่วงเทศกาลวันลอยกระทง พร้อมผลักดันการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า และช่องทางการตลาดสินค้าเกษตร) โดยมีตลาดใหญ่ในกรุงเทพฯ รองรับ ได้แก่ ตลาดไท ตลาดสี่มุมเมือง ตลาดสี่แยกมหานาค ตลาดผดุงเกษม และยังมีบางส่วนที่ส่งขายยังต่างประเทศ ส่วนตลาดในภูมิภาคอื่นๆ นั้น จังหวัดขอนแก่นเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุด นอกจากความต้องการใช้ในประเทศแล้ว ในตลาดต่างประเทศก็ยังมีความต้องการใช้ใบตองในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการส่งออกเพิ่มขึ้น ซึ่งตลาดใหญ่ในต่างประเทศได้แก่ อเมริกา ญี่ปุ่น ฮอลแลนด์ สิงคโปร์ ฮ่องกง ยุโรป ในปริมาณเฉลี่ยสัปดาห์ละไม่ต่ำกว่า 6 ตัน โดยนำไปใช้ในการประกอบอาหารและด้านความงาม ปัญหาสำคัญในการผลิตกล้วยตานี คือ ผลผลิตใบตองออกสู่ตลาดไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะ ขาดแคลนใบตองในฤดูแล้ง ปัญหาใบตองแตก ต้นที่สูงใหญ่หักง่ายเนื่องจากลมพายุ ทำให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพ เกษตรกรสูญเสียรายได้

การใช้สารพาโคลบิวทราโซล ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์มีคุณสมบัติ เป็นสารควบคุมพืช มีคุณสมบัติในการชะลอการเจริญเติบโตของพืช (Hedden, 1983) สามารถช่วยลดความสูงของลำต้นเทียมได้ทำให้ต้นแข็งแรงได้มากขึ้น El-Otmani et al. (1992) มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารพาโคลบิวทราโซลกับกล้วยสายพันธุ์ต่างๆ มีการศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลกับกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 พบว่าความสูงของลำต้นเทียมและความยาวก้านใบจะสั้นลงจะลดลงตามอัตราความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลที่เพิ่มขึ้น ระยะห่างระหว่างกาบใบจะแคบลงตามอัตราความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของหน่อตามในกล้วยหอมทองพบว่า ความสูงของลำต้นเทียมลดลงตามความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล และระยะห่างระหว่างกาบใบแคบลงและความยาวของก้านใบสั้นลง การใช้สารพาโคลบิวทราโซลที่สูงเกินไปส่งผลให้เกิดลักษณะที่ผิดปกติกับลำต้นเทียม จากการวิจัยดังกล่างข้างต้นจะ เห็นได้ว่ายังการงานวิจัยในกล้วยตานีและผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่มีต่อคุณภาพของใบกล้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุหน่อและ สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของใบกล้วยตานี

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล้วยตานี *(Musa balbisiana* Colla) ชื่ออื่น ๆ กล้วยงู (พิจิตร): กล้วยชะนีใน. กล้วยตานีใน.กล้วยป่า. กล้วยเมล็ด (สุรินทร์): กล้วยพองลา (ใต้) ลำต้นเทียมสูง 3.5-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร สีเขียว ไม่มีปื้นดำ กาบลำต้นด้านในสีเขียว ก้านใบสีเขียว เส้นกลางใบสีเขียวไม่มีร่องผลลักษณะมีเมล็ดจำนวนมาก กล้วยตานีที่พบในประเทศไทยมี 3 ชนิดแตกต่างที่ลำต้นเทียมและผล กล่าวคือกล้วยตานีพบทางภาคเหนือนั้นลำต้นเทียมเกลี้ยงไม่มีปื้นดำเลย ผลจะสั้น ป้อม ส่วนตานีอีสานจะมีลำต้นเทียมที่มีประดำเล็กน้อย ผลคล้ายกล้วยน้ำว้าแต่ตานีทางภาคใต้ ลำต้นเทียมค่อนข้างจะมีปื้นดำหนา ผลคล้ายตานีเหนือแต่หนากว่าและมีสีเขียวเป็นเงา นอกจากนี้ยังได้มีการนำตานีดำมาจากฟิลิปปินส์แต่ตานีดำนี้เป็นพันธุ์พื้นเมืองของอินโดนีเซีย ลำต้นเทียมสีม่วงดำและเส้นกลางใบสีม่วงดำ สีเข้มมากจนดูเหมือนสีดำ ผลสีเขียวเข้มเป็นมันมีลักษณะคล้ายตานีใต้ มีเมล็ดมาก ใบตองกล้วยตานี (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก)

ใบ หรือที่เรียกว่า ใบตอง เป็นผลผลิตหลักของกล้วยตานี ลักษณะสำคัญของใบตองกล้วยตานีที่ต่างจากกล้วยชนิดอื่นคือ มีความเหนียว ทนทาน จึงเป็นที่นิยมในการรองหรือบรรจุอาหาร และงานฝีมือในพิธีกรรมต่างๆ การเก็บเกี่ยวใบตอง ผลผลิตหลักของกล้วยตานีคือ ใบตองสด การตัดใบตองครั้งแรกท าหลังจากปลูกกล้วยได้ 8 เดือน โดยจะตัดเมื่อกล้วยแทงหน่อแล้วการตัดใบตองกล้วยตานีแต่ละใบสามารถเก็บเกี่ยวได้ทุก 15 วันนับจากใบเทียนโผล่ แต่ในฤดูแล้ง และอากาศร้อน หากไม่มีการให้น้ำ การเก็บเกี่ยวใบตองอาจยืดออกไปนานถึง 30 วัน (ใบเทียน คือ ใบกล้วยที่แทงออกมา ลักษณะใบยังม้วนอยู่) ใบตองที่เก็บเกี่ยวได้ต้องมีลักษณะสีเขียวเข้ม ใบตั้งตรง เทคนิคการตัดใบตองกล้วยตานีให้มีคุณภาพทำโดยใช้ขอเกี่ยวกดใบที่มีความคมมาก ทำให้ตัดใบได้ง่ายและไม่ทำให้ใบตองแตกจากการกระชากของขอเกี่ยว การตัดใบในฤดูฝนควรตัดช่วงที่ไม่มีน้ำค้าง เนื่องจากถ้ามีน้ำค้างใบจะเปื่อนง่าย ซึ่งช่วงที่เหมาะที่สุด คือ ช่วง 15:00 ถึง 17:00 นาฬิกา เพราะเป็นช่วงที่ใบกล้วยรับแสงได้มากในเวลากลางวัน ทำให้ใบอ่อนไม่แตกง่าย หากเป็นฤดูร้อน ที่มีอากาศแห้งแล้งและอุณหภูมิสูง ควรตัดตอนช่วงเช้าเพื่อป้องกันการเหี่ยว การตัดแต่ละครั้งให้เหลือหูใบไว้ประมาณ 15 นิ้ว เมื่อตัดแล้วต้องรีบเก็บโดยให้ตั้งใบตองไว้กับต้น เพื่อป้องกันการไหลของยางกล้วยไปติดใบ หลังจากตัดใบกล้วยแล้วเกษตรกรจะเหลือใบไว้ที่ต้นประมาณ 2-3 ใบ รวมใบเทียน เกษตรกรสามารถตัดใบตองได้ตลอดทั้งปี ในช่วงเดือน พ.ค.-ธ.ค. ได้ผลผลิต 600-1,000 ใบ/เดือน/ไร่ ช่วงเดือน ม.ค.-เม.ย. ได้ผลผลิต 300-500 ใบ/เดือน/ไร่ รอบหนึ่งปีเก็บได้ 16 ครั้ง โดยได้ใบสดประมาณ 7,200-12,000ใบต่อไร่ (พาณิชย์, 2542) ใบกล้วยตานี 3-4 ใบ ได้น้ำหนักใบตอง 1 กิโลกรัม

คุณภาพของใบตองกล้วยตานีการคัดเกรดใบตองแบ่งเป็น 3 เกรด โดยใบตองที่มีคุณภาพและตลาดต้องการ (เกรด A) ได้จากการตัดใบรองจากเทียน ขนาดความกว้างของใบไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว ใบไม่มีตำหนิ ขอบใบตองไม่มีลักษณะไหม้ ใบแตกได้ไม่เกิน 3 แฉก ใบตองเกรด A ส่งตลาดต่างประเทศและกรุงเทพฯ ใบตอง เกรด B ได้จากการตัดใบรองจากเทียนใบที่ 2 -4 เกรดนี้ส่งตลาด ขอนแก่น และภายในจังหวัด ใบตองเกรด C ได้จากการตัดตั้งแต่ใบที่ 5 หรือใบแก่ ซึ่งมีลักษณะใบไหม้บางส่วน เกรดนี้ส่งขายตลาด ลำปาง เชียงใหม่ ปัจจุบันเกรดของใบตองขึ้นอยู่กับผู้รับซื้อ ซึ่งมีหลายแบบตามการนำไปใช้งานทั้งในและนอกประเทศ การจัดการหน่อกล้วยตานีเพื่อการผลิตใบตอง ปกติกล้วยมีการแตกหน่อ หน่อแรกที่แตกจากต้นแม่เรียกว่า first ratoon หน่อต่อไปเรียกว่า second ratoon และ third ratoon ตามลำดับ ในภาษาไทยเรียกหน่อรุ่นที่ 1 หน่อรุ่นที่ 2 และหน่อรุ่นที่ 3 ตามลำดับ กล้วย 1 กอ อาจมีทั้งต้นแม่หรือต้นแม่ถูกตัดทิ้งแล้ว และหน่ออีกหลายๆ หน่อ เรียกทั้งกอนั้นว่า mat การปลูกกล้วยให้ได้ผลดีควรบังคับการเกิดหน่อไม่ให้มีมากเกินไป การทำลายหน่อที่มีความสูงต่ำกว่า 1 เมตรออก จะทำให้ไม่มีผลกระทบต่อต้นแม่ ดังนั้น หน่อเล็กๆ (peeper) หรือหน่อใบกว้างที่มีความสูงต่ำกว่า 1 เมตร ควรขุดทำลายออก การไว้หน่อกล้วย

รับประทานผลนิยมไว้ 1-2 หน่อ และให้เหลือใบต้นละ 7-12 ใบ (เบญจมาศ, 2545) กรณีของกล้วยตานี ภายใน 1 ปี มีการจัดแต่งต้นกล้วย 2 ครั้ง ตัดแต่งใบล่างที่ไม่ใช้ออก ใบแห้งที่ยังสภาพดีก็ตัดเก็บและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ในเรื่องของการแตกหน่อ ในปีแรก กล้วยตานีจะมีเพียง 1 ต้น เมื่อกล้วยอายุ 1 ปี จะมีการแตกหน่อใหม่ 3-5 หน่อ ต่อกล้วย 1 ต้น และในปีต่อๆไป ก็จะทวีขึ้นเรื่อยๆ ทำให้กล้วยหนาแน่น ไม่เป็นแถวเป็นแนว (พาณิชย์, 2542) ถึงแม้การปลูกกล้วยตัดใบจะมีมานานแต่ยังขาดเทคโนโลยีการไว้หน่อที่เหมาะสมสำหรับกล้วยตานี

งานวิจัยการพัฒนาการผลิตกล้วยตานีอย่างมีคุณภาพ ของกรมวิชากการเกษตร ระยะเวลาดำเนินการ ปี 2555 –2558 ผลจากการศึกษาพบว่า ผลตอบแทน ที่ประเมินจากน้ำหนักใบตองต่อพื้นที่ พบว่าการไว้หน่อจำนวน 8 หน่อ ได้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูงสุด 10,088 บาทต่อไร่ กล้วยตานีที่ใส่มูลวัวอัตรา 1,065 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ และให้น้ำ 100% AWC ได้ผลผลิตใบตองสูงสุด 1,826 กิโลกรัมต่อไร่ และมีรายได้สูงสุด 9,131 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2558ข) งานวิจัยการศึกษาผลกระทบของฤดูกาลเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบตองกล้วยตานี โดยนำใบตองที่เก็บเกี่ยวในแต่ละฤดูกาลมาคัดคุณภาพ ทำความสะอาด ก่อนพับเป็นทบแล้วบรรจุในตะกร้าพลาสติก หลังจากนั้น นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาใบตองช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก คงความสด และยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าอุณหภูมิเก็บรักษาที่สูงขึ้น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาใบตองกล้วยตานี คือ 5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ฤดูกาลเก็บเกี่ยวที่ต่างกันส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของใบตองด้วยเช่นกัน โดยใบตองที่เก็บเกี่ยวในฤดูหนาวมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดถึง 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ขณะที่ใบตองที่เก็บเกี่ยวในฤดูร้อนและฤดูฝนมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าเพียง 15 และ 15 วัน ตามลำดับ ที่อุณหภูมิเก็บรักษาเดียวกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ทดลองระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2568 ถึงมีนาคม 2569 โดยปลูกหน่อกล้วยตานีที่มีขนาดหน่อใกล้เคียงกันในแปลงปลูก ความสูงประมาณ 100 เซนติเมตร จำนวนใบเริ่มต้น 3 ใบ จำนวนต้นต่อกอ 3-7 ต้น วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่สารพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีที่ 2 ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ กรรมวิธีที่ 3 ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ และกรรมวิธีที่ 4 ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ราดบริเวณโคนต้นหน่อกล้วยตานีในแปลงปลูก โดยใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร การควบคุมสภาพแวดล้อมของต้นกล้วย โดยในช่วงการเจริญทางกิ่งใบมีการควบคุมปัจจัยการผลิตด้านต่างๆ เหมือนกันทุกต้น บันทึกผลต่อเนื่องหลังการทดลองทุก 30 วัน ในด้านอัตราความสูงกล้วยตานี อัตราเส้นรอบวงลำต้นกล้วยตานี จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นกล้วยตานี ความกว้างใบกล้วยตานี ความยาวใบกล้วยตานี ความยาวก้านใบกล้วยตานี และความเขียวใบกล้วยตานี

4. ผลการวิจัย

อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูง จากตารางอัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้วยตานีภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่ออัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้วยตานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกช่วงเวลาการประเมิน โดยค่า F-test มีค่าเท่ากับ 0.55, 0.23 และ 0.44 ตามลำดับ หลังการให้สาร 30 วัน พบว่ากรรมวิธีไม่ใส่แพคโคล

บิวทราโซลมีอัตราความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 16.10±7.93 รองลงมา ได้แก่ การให้แพคโคลบิวทราโซล อัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 11.47±3.15, 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 10.83±6.32 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 10.54±4.49 ตามลำดับ หลังการให้สาร 60 วัน การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีอัตราความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 20.80±4.85 รองลงมาคือ กรรมวิธีไม่ใส่แพคโคลบิวทราโซล ร้อยละ 17.60±3.48, การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 17.36±5.82 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 13.79±3.39 และ 90 วันหลังการให้สาร พบว่าการให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีอัตราความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 17.44±6.06 รองลงมาคือ กรรมวิธีไม่ใส่แพคโคลบิวทราโซล ร้อยละ 16.30±5.22, การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 16.05±3.86 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 12.91±4.94 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	อัตราความสูงเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (ร้อยละ)		
	30 วัน	60 วัน	90 วัน
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	16.10±7.93	17.60±3.48	16.30±5.22
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	10.54±4.49	20.80±4.85	16.05±3.86
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	11.47±3.15	17.36±5.82	17.44±6.06
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	10.83±6.32	13.79±3.39	12.91±4.94
F-test$_{1/}$	0.55^{ns}	0.23^{ns}	0.44^{ns}
C.V. (%)	49.45	24.88	25.01

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

อัตราการเจริญเติบโตทางด้านเส้นรอบวง จากตารางอัตราเส้นรอบวงที่เพิ่มขึ้นของกล้วยตานีภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของเส้น รอบวงของกล้วยตานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วัน ต้นกล้วยตานีที่ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซลมีอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงลำต้นสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 18.50±5.42 รองลงมาคือการให้สารในอัตรา 3,000, 1,500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 15.31±1.27, 14.87±1.07 และ 13.70±4.57 ตามลำดับ หลังการให้สาร 60 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงลำต้นสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 15.89±5.51 รองลงมาคืออัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 15.56±3.31 การไม่ใส่สาร ร้อยละ 13.90±4.51 และอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 12.41±6.16 และหลังการให้สาร 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีอัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงลำต้นสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 16.56±3.29 รองลงมาคือการไม่ใส่สารร้อยละ 13.23±3.28 การให้สารในอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 12.41±8.91 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ร้อยละ 12.22±6.42 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านเส้นรอบวงของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	อัตราเส้นรอบวงลำต้นเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (ร้อยละ)		
	30 วัน	60 วัน	90 วัน
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	18.50±5.42	13.90±4.51	13.23±3.28
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	13.70±4.57	15.89±5.51	12.41±8.91
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	14.87±1.07	15.56±3.31	16.56±3.29
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	15.31±1.27	12.41±6.16	12.22±6.42
F-test$_{1/}$	0.44^{ns}	0.64^{ns}	0.61^{ns}
C.V. (%)	26.48	29.13	37.10

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

จำนวนใบของกล้วยตานี จากตารางจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของกล้วยตานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วันพบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.25±0.50 ใบ ขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่สาร แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ และ 3,000 มิลลิกรัมต่อต้น มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากัน คือ 1.75 ใบ หลังการให้สารเป็นเวลา 60 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.25±0.96 ใบ รองลงมาคืออัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.50±0.58 ใบ ส่วนกรรมวิธีไม่ใส่สารและอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากัน คือ 4.25 ใบ และหลังการให้สารเป็นเวลา 90 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.00±1.15 ใบ รองลงมาคือกรรมวิธีไม่ใส่สารและอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งมีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากันที่ 6.75 ใบ ขณะที่อัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 6.50±1.29 ใบ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนใบของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	จำนวนใบเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (ใบ)		
	30 วัน	60 วัน	90 วัน
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	1.75±0.50	4.25±0.50	6.75±0.96

สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	1.75±0.96	4.25±1.26	6.50±1.29
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	2.25±0.50	5.25±0.96	8.00±1.15
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	1.75±0.50	4.50±0.58	6.75±0.50
F-test$_{1/}$	0.67^{ns}	0.41^{ns}	0.31^{ns}
C.V. (%)	36.64	20.09	16.49

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

ความกว้างใบของกล้วยตานี จากตารางความกว้างใบภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตราที่แตกต่างกันส่งผลต่อความกว้างใบของกล้วยตานีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05) หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 52.50±4.20 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ที่มีค่าเฉลี่ย 49.75±3.77 เซนติเมตร แต่แตกต่างจากกรรมวิธีไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล ซึ่งมีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 42.88±3.47 เซนติเมตร หลังการให้สารเป็นเวลา 60 วัน พบว่า การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 53.13±5.85 และ 52.88±4.52 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างจากกรรมวิธีไม่ใส่สารที่มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 43.25±4.84 เซนติเมตร และหลังการให้สารเป็นเวลา 90 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 59.50±3.87 เซนติเมตร และแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่สารซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 50.30±3.86 เซนติเมตร ขณะที่การให้สารในอัตรา 1,000 และ 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 52.88±3.33 และ 57.10±5.02 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ให้สารอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความกว้างใบของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	**ความกว้างใบเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (เซนติเมตร)**		
	30 วัน	**60 วัน**	**90 วัน**
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	42.88±3.47b	43.25±4.84b	50.30±3.86b
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	46.20±3.92ab	46.50±3.49ab	52.88±3.33ab
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	49.75±3.77a	53.13±5.85a	57.10±5.02ab
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	52.50±4.20a	52.88±4.52a	59.50±3.87a
F-test$_{1/}$	0.03*	0.02*	0.05*
C.V. (%)	7.94	8.68	7.64

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05)

ความยาวใบของกล้วยตานี จากตารางความยาวใบภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตราที่แตกต่างกันมีผลต่อความยาวใบของกล้วยตานี โดยที่หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่ 60 และ 90 วัน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01 และ P≤0.05 ตามลำดับ) หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วัน พบว่า กล้วย

ตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความยาวใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 112.13±9.38 เซนติเมตร รองลงมาคืออัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 102.63±10.39 เซนติเมตร ขณะที่อัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อต้น มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 72.03±41.17 เซนติเมตร หลังการให้สารเป็นเวลา 60 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อต้น มีความยาวใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 124.25±12.28 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซลที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 99.08±8.30 เซนติเมตร ส่วนการให้สารในอัตรา 1,500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 119.88±10.58 และ 107.50±9.75 เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังการให้สารเป็นเวลา 90 วัน พบว่า การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 139.75±10.81 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่สารและการให้สารอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ ที่มีค่าเฉลี่ย 113.50±15.02 และ 115.65±9.32 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่การให้สารอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความยาวใบเฉลี่ย 132.50±11.39 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความยาวใบของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	**ความยาวใบเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (เซนติเมตร)**		
	30 วัน	**60 วัน**	**90 วัน**
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	89.80±4.65	99.08±8.30c	113.50±15.02b
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	72.03±41.17	107.50±9.75bc	115.65±9.32b
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	102.63±10.39	119.88±10.58ab	139.75±10.81a
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	112.13±9.38	124.25±12.28a	132.50±11.39ab
F-test$_{1/}$	0.12^{ns}	0.01**	0.03*
C.V. (%)	22.78	7.16	9.52

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05)

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01)

ความยาวก้านใบของกล้วยตานี จากตารางความยาวก้านใบภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตราที่แตกต่างกันมีผลต่อความยาวก้านใบของกล้วยตานีในช่วง 30 และ 60 วันหลังการให้สารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01 และ P≤0.05 ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในระยะเวลา 90 วัน (P>0.05) หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความยาวก้านใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.50±1.00 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซลที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 20.38±2.18

เซนติเมตร ขณะที่การให้สารอัตรา 1,500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีความยาวก้านใบเฉลี่ยเท่ากับ 25.13±3.35 และ 22.75±1.85 เซนติเมตร ตามลำดับ หลังการให้สารเป็นเวลา 60 วัน พบว่า การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 32.13±3.28 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ที่มีค่าเฉลี่ย 31.38±3.20 เซนติเมตร แต่ทั้งสองกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีไม่ใส่สารซึ่งมีความยาวก้านใบเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 24.68±2.86 เซนติเมตร และหลังการให้สารเป็นเวลา 90 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีความยาวก้านใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 38.00±2.16 เซนติเมตร รองลงมาคืออัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 35.75±3.86 เซนติเมตร ขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่สารและอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 31.38±6.82 และ 31.50±1.29 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความยาวก้านใบของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความยาวก้านใบเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (เซนติเมตร)		
	30 วัน	60 วัน	90 วัน
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	20.38±2.18c	24.68±2.86b	31.38±6.82
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	22.75±1.85bc	28.00±5.31ab	31.50±1.29
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	25.13±3.35ab	31.38±3.20a	38.00±2.16
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	27.50±1.00a	32.13±3.28a	35.75±3.86
F-test$_{1/}$	0.01**	0.04*	0.11^{ns}
C.V. (%)	10.05	11.65	11.67

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05)

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01)

ความเขียวใบของกล้วยตานี จากตารางความเขียวใบภายหลังการให้สารแพคโคลบิวทราโซล ในระยะเวลา 30, 60 และ 90 วัน พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตราที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความเขียวใบของกล้วยตานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (P≤0.01) ในระยะเวลา 30 วันหลังการให้สาร แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในระยะเวลา 60 และ 90 วัน (P>0.05) หลังการให้สารเป็นเวลา 30 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีค่าความเขียวใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 39.20±1.20 SPAD-Unit ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ ที่มีค่าเฉลี่ย 38.60±1.16 SPAD-Unit แต่ทั้งสองกรรมวิธีมีค่าความเขียวใบสูงกว่ากรรมวิธีไม่ใส่สารและอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 34.93±2.93 และ 34.60±3.17 SPAD-Unit ตามลำดับ หลังการให้สารเป็นเวลา 60 วัน พบว่า การให้แพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อกอ มีค่าความเขียวใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 40.38±4.16 SPAD-Unit รองลงมาคืออัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ อัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ และกรรมวิธีไม่ใส่สาร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.23±2.54, 38.70±1.20 และ 38.08±3.28 SPAD-Unit ตามลำดับ และหลังการให้สารเป็นเวลา 90 วัน พบว่า กล้วยตานีที่ได้รับแพคโคลบิวทราโซลอัตรา 1,500 มิลลิกรัมต่อกอ มีค่าความเขียวใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 36.35±3.03 SPAD-Unit รองลงมาคืออัตรา 3,000 และ 1,000

มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 35.20±3.53 และ 35.03±3.59 SPAD-Unit ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีไม่ใส่สารมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 34.60±1.16 SPAD-Unit แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี (P>0.05) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความเขียวใบของกล้วยตานีเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซลตามกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความเขียวใบเมื่อได้รับสารแพคโคลบิวทราโซล (SPAD-Unit)		
	30 วัน	60 วัน	90 วัน
ไม่ใส่สารแพคโคลบิวทราโซล	34.93±2.93b	38.08±3.28	34.60±1.16
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,000 มก./กอ	38.60±1.16a	40.38±4.16	35.03±3.59
สารแพคโคลบิวทราโซล 1,500 มก./กอ	34.60±3.17b	39.23±2.54	36.35±3.03
สารแพคโคลบิวทราโซล 3,000 มก./กอ	39.20±1.20a	38.70±1.20	35.20±3.53
F-test$_{1/}$	0.01**	0.81^{ns}	0.88^{ns}
C.V. (%)	5.24	8.72	8.96

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (*P>0.05*)

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01)

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาผลของสารแพคโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยตานี โดยใช้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตรา 0, 1,000, 1,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ และติดตามผลการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 30, 60 และ 90 วันหลังการให้สาร พบว่า การให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตรา 1,000, 1,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความสูง อัตราการเพิ่มเส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบของกล้วยตานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกช่วงเวลาที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่า สารแพคโคลบิวทราโซลยังไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตทางลำต้นของกล้วยตานีได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างด้านพันธุกรรมของพืช อายุของต้นกล้วย หรือสภาพแวดล้อมในการปลูกที่ส่งผลต่อการตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับรายงานของ El-Otmani และคณะ (1992) ที่พบว่าการใช้สารแพคโคลบิวทราโซลในกล้วยสามารถลดความสูงของลำต้นเทียมและลดความยาวก้านใบได้ โดยความรุนแรงของผลจะเพิ่มขึ้นตามอัตราความเข้มข้นของสารที่ใช้ นอกจากนี้ Hedden (1983) รายงานว่าแพคโคลบิวทราโซลเป็นสารยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (Gibberellin biosynthesis inhibitor) ซึ่งส่งผลให้การยืดตัวของเซลล์ลดลงและพืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง ในด้านคุณภาพใบ พบว่าการให้สารแพคโคลบิวทราโซลส่งผลให้ความกว้างใบและความยาวใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะที่อัตรา 1,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่สารแพคโคลบิวทราโซลลดการใช้พลังงานในการเจริญเติบโตทางลำต้น ทำให้พืชสามารถสะสมคาร์โบไฮเดรตและนำไปใช้ในการพัฒนาอวัยวะอื่น โดยเฉพาะใบได้มากขึ้น ส่งผลให้ใบมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญต่อการผลิตใบตองเชิงการค้า ผลการศึกษายังพบว่าการให้สารแพคโคลบิวทราโซลมีผลต่อความยาวก้านใบในช่วง 30 และ 60 วันหลังการให้สาร โดยอัตรา 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ให้ค่าความยาวก้านใบสูงที่สุด แม้ว่าจะไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ

El-Otmani และคณะ (1992) ที่รายงานว่าความยาวก้านใบลดลงหลังการใช้สารแพคโคลบิวทราโซล แต่ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากความแตกต่างของพันธุ์กล้วย สภาพแวดล้อม และวิธีการใช้สารที่แตกต่างกัน สำหรับค่าความเขียวใบ พบว่าการให้สารแพคโคลบิวทราโซลในอัตรา 1,000 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อกอ ทำให้ค่าความเขียวใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 30 วันหลังการให้สาร ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของแพคโคลบิวทราโซลที่ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืช ส่งผลให้ใบมีสีเขียวเข้มมากขึ้น (Hedden, 1983) อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวพบเพียงในระยะเริ่มต้นของการทดลอง และไม่พบความแตกต่างในช่วง 60 และ 90 วันหลังการให้สาร ดังนั้น การใช้สารแพคโคลบิวทราโซลในกล้วยตานีมีแนวโน้มช่วยปรับปรุงคุณภาพใบมากกว่าการควบคุมการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยเฉพาะในด้านความกว้างใบ ความยาวใบ และความเขียวใบ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญต่อการผลิตใบตองคุณภาพสูงสำหรับการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณงานมูลฐานตามพันธกิจของหน่วยรับงบประมาณ (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้สนับสนุนและอนุเคราะห์ด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2558ก. *การพัฒนาการผลิตกล้วยตานีอย่างมีคุณภาพ (ปี 2555–2558).* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. 2558ข. *รายงานผลการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาการผลิตกล้วยตานีอย่างมีคุณภาพ (2555–2558).* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 357 หน้า

พาณิชย์ ยศปัญญา. 2542. กล้วยตานีตัดใบ งานสวนยั่งยืนของชาวสุโขทัย ใน กล้วยในเมืองไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 . สำนักพิมพ์ มติชน, กรุงเทพมหานคร. 131 หน้า

El-Otmani, M., Oubhaou, H., Zahraoui, B., & Chlyah, A. 1992. Effects of paclobutrazol on growth, yield and fruit quality of banana. *Acta Horticulturae*, 296, 139–145.

NBT CONNEXT - กรมส่งเสริมการเกษตร ชู ใบตองกล้วยตานี เพิ่มรายได้เกษตรกรช่วงเทศกาลวันลอยกระทง พร้อมผลักดันการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า และช่องทางการตลาดสินค้าเกษตร.

Hedden, P. 1983. Inhibitors of gibberellin biosynthesis and their applications. *Biochemical Society Transactions*, 11, 73–74.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

อิทธิพลของค่าการนำไฟฟ้าร่วมกับฟองอากาศขนาดไมโคร–นาโนต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกรที่ปลูกในระบบปลูกแบบน้ำลึก (DFT)

ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์[1,2*] ชิติ ศรีตนทิพย์[1,2] จารวี แซ่หมี่[2] ธีรวัฒน์ ศรีธิทนันไชย[2] และเสกสรร วงศ์ศิริ[2]

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

202 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail : Parinyawadee@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกรที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนาไฟฟ้า (EC) ที่แตกต่างกัน ร่วมกับฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน (MNBs) ทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลาปาง ระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน 2569 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 6 กรรมวิธี คือ EC 1 mS cm^{-1} , EC 2 mS cm^{-1}, EC 3 mS cm^{-1}, EC 1 mS cm^{-1} + MNBs, EC 2 mS cm^{-1} + MNBs และ EC 3 mS cm^{-1} + MNBs จ นวน 3 ซ้ า ดาเนินการทดลองกับต้นชาเลือดมังกรที่นามาจากจังหวัดเชียงราย โดยเตรียมต้นกล้าชาเลือดมังกรจากการปักชากิ่งอายุ 1 เดือนก่อนย้ายปลูกในระบบสารละลายน้าลึกหมุนเวียน (DFT) ผลการทดลองพบว่า จานวนใบต่อต้นและความยาวใบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยส าคัญทางสถิติในทุกสิ่งทดลอง อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองที่ค่า EC 2 mS cm^{-1} ร่วมกับการเติม MNBs และค่า EC 3 mS cm^{-1} ร่วมกับการเติม MNBs ส่งผลให้ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลาต้น ความกว้างใบ และจานวนยอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ การเติม MNBs ในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC 1, 2 และ 3 mS cm^{-1}) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความกว้างทรงพุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (EC 1 mS cm^{-1} ที่ไม่ใช้ MNBs)

คำสำคัญ: ชาเลือดมังกร, ค่าการน าไฟฟ้า, ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน, ระบบปลูกแบบน้ าลึก

Influence of Electrical Conductivity Combined with Micro–Nano Bubbles on the Growth of *Peristrophe bivalvis* in a DFT Hydroponic System

Parinyawadee Sritontip[1,2]* Chiti Sritontip[1,2] Jarawee Saemee[2] Teerawat Srititthananchai[2] and Seksan Wongsiri[2]

[1] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 202 Phichai Subdistrict Mueang Lampang District Lampang Province, 52000

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, 200 Phichai Subdistrict Mueang Lampang District Lampang Province, 52000

*Parinyawadee@rmutl.ac.th

Abstract

This study aimed to evaluate the growth of *Peristrophe bivalvis* sourced from Chiang Rai, cultivated in nutrient solutions with varying electrical conductivity (EC) levels combined with micro-nano bubbles (MNBs). The experiment was conducted at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, from January to April 2026. A completely randomized design (CRD) was employed with six treatments: EC 1, 2, and 3 mS cm^{-1}, with or without MNBs, and three replicates per treatment. One-month-old rooted cuttings were prepared before being transplanted into a Deep Flow Technique (DFT) hydroponic system.

The results indicated that the number of leaves per plant and leaf length showed no significant differences among treatments. However, the treatments of EC 2 mS cm^{-1} + MNBs and EC 3 mS cm^{-1} + MNBs produced significantly greater plant height, stem diameter, leaf width, and number of shoots compared to the control group. Furthermore, canopy width was positively enhanced by all MNBs-assisted treatments across all EC levels (1, 2, and 3 mS cm^{-1}) compared to the control group (EC 1 mS cm^{-1} without MNBs).

Keywords: *Peristrophe bivalvis*, electrical conductivity, micro-nano bubbles, deep flow technique

1. บทนำ

ชาเลือดมังกรมีการน ำส่วนใบมาบริโภค และใช้ประโยชน์ทางการแพทย์แผนโบราณอย่างแพร่หลายในประเทศเวียดนาม ไทย จีน และลาว สารพฤกษเคมีสาคัญหลักที่พบในใบเป็นสารอัลคาลอยด์ในกลุ่มฟีโนซาซีน (phenoxazine alkaloids) 2 ชนิด ได้แก่ เพอริสโทรฟิน (peristrophine) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดง และเพอริสไบวาลวิน (perisbivalvin) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีม่วง (Thuy et al., 2012) ในด้านเภสัชวิทยา ชาเลือดมังกรแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระประสิทธิภาพสูง (Adrianta, 2020) และมีคุณสมบัติบ าบัดรักษาโรคที่หลากหลาย เช่น ลดการอักเสบ บรรเทาอาการของโรคเบาหวาน ไอ บิด วัณโรค หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน ต้านเชื้อไวรัสตับอักเสบบี แก้อาการดีซ่าน ตลอดจนภาวะผิดปกติทางระบบทางเดินอาหารและไต (Hang et al., 2024; Quan et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดจากพืชในgenus นี้สามารถลดจ านวนเซลล์มะเร็ง OCI (Khue et al., 2014) และมีแนวโน้มลดระดับความดันโลหิตในสัตว์ทดลองที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงได้ (Aluko et al., 2020) ยิ่งไปกว่านั้น รงควัตถุสีม่วงจากใบยังมีคุณสมบัติละลายน้ าได้ดี มีความเสถียร และไม่มีความเป็นพิษ จึงมีการน ามาประยุกต์ใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหารพื้นเมืองและสิ่งทอ ปัจจุบันใบสดมีราคาซื้อขายเฉลี่ย 50 บาทต่อกิโลกรัม และใบอบแห้งมีราคาสูงถึง 800 บาทต่อกิโลกรัม ชาเลือดมังกรจึงจัดเป็นพืชท้องถิ่นที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์และมีโอกาสเติบโตทางการตลาดสูง สอดรับกับกระแสความต้องการผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากธรรมชาติในปัจจุบัน (จารุณี ภิลุมวงค์ และนิจปวริชศา ภพักตร์จันทร์, 2565)

การผลิตพืชในระบบไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโปนิกส์ จาเป็นต้องมีจัดการความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารให้เหมาะสมจ าเพาะต่อพืชแต่ละชนิด โดยแปรผันตามค่าการน าไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC) (ชิติ ศรีตนทิพย์ และคณะ, 2560) ส าหรับการเพาะปลูกในภูมิภาคเขตร้อน ระบบสารละลายน้ าลึกหมุนเวียน (Deep Flow Technique : DFT) ที่ระดับความลึก 4–10 เซนติเมตร จัดเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการลดความเครียดของพืชเนื่องจากปริมาตรน้ าที่มากช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบรากพืช จึงป้องกันภาวะรากช็อกจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (thermal shock) ได้ดีกว่าระบบที่ใช้น้ าน้อย อย่างไรก็ตาม ระบบน้ าลึกมักเผชิญข้อจ ากัดด้านปริมาณออกซิเจนละลายน้ าที่ลดต่ าลงเมื่ออุณหภูมิสารละลายสูงขึ้น ปัจจุบันจึงมีการน าเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน (Micro-Nano Bubbles : MNBs) ขนาด 50–200 นาโนเมตร มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มการละลายและกักเก็บออกซิเจนในน้ าได้ยาวนาน โดยโครงสร้างประจุลบที่ล้อมรอบผิวหน้าฟองอากาศจะช่วยป้องกันการรวมตัว และชะลอการลอยตัวสู่ผิวหน้า (ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และคณะ, 2555) นวัตกรรมนี้ท าหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นทางชีวภาพในเขตราก (rhizosphere) ช่วยเพิ่มการกักเก็บความชื้น ส่งเสริมกิจกรรมของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหาร ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตของระบบราก ล าต้น และการสะสมชีวมวลที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Arablousabet & Povilaitis, 2024) ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโนร่วมกับการควบคุมระดับค่าการน าไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารในระบบ DFT ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกร เพื่อพัฒนาองค์ความรู้และก าหนดแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชาเลือดมังกรเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ชาเลือดมังกร (*Peristrophe bivalvis* (L.) Merr.) ในวงศ์ Acanthaceae เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี มีความสูงประมาณ 1–1.5 เมตร ลาต้นมีสันเหลี่ยม โป่งเหนือข้อ และมีขนปกคลุม ใบเดี่ยวรูปใบ

หอกเรียงตรงข้ามสลับตั้งฉาก ดอกเป็นกระจุกสีชมพูหรือม่วงบริเวณยอด และผลเป็นฝักยาว พืชชนิดนี้กระจายพันธุ์ในแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สาหรับในประเทศไทยนิยมปลูกในพื้นที่สูงที่มีอากาศหนาวเย็นและดินอุดมสมบูรณ์ ชาเลือดมังกรมีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกหลายชนิด เช่น กรดแกลลิก อะพิจีนิน ไอโซเควอซิทริน เคมเฟอรอล เควอซิทริน รูติน คาเทชิน และกรดแทนนิก สารเหล่านี้มีฤทธิ์ลดความดันโลหิต ลดระดับน้าตาลในเลือด ต้านมะเร็ง และต้านการอักเสบเนื่องจากสามารถจับกับโปรตีน PTGS2 ได้ดี (Adrianta et al., 2021) อีกทั้งยังช่วยชะลอความเสื่อมของร่างกาย ยับยั้งพิษงูเห่าและงูเขียวหางไหม้ ตลอดจนนิยมนาสารให้สีแดงแกมม่วงไปใช้ย้อมอาหาร ย้อมผ้า และต้มเป็นชาดื่มบารุงสุขภาพ (จารุณี ภิลุมวงค์ และนิจปวริชศา ภพักตร์จันทร์, 2565) ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก ธาตุอาหารพืชถือเป็นส่วนสาคัญของสรีรวิทยาพืชที่ควบคุมการเจริญเติบโต (ดิเรก ทองอร่าม, 2550) ซึ่งในระบบไฮโดรโปนิกส์จะตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารได้จากค่าการนาไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) (Ho & Adams, 1995) ปัจจุบันมีการนาเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน (50–200 นาโนเมตร) มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มออกซิเจนละลายในน้าได้ยาวนาน โดยประจุลบที่ล้อมรอบฟองอากาศจะช่วยให้ก๊าซแทรกซึมในน้ าได้ดี(ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และคณะ, 2555) ฟองอากาศนี้จะช่วยกระตุ้นบริเวณรากและเพิ่มการดูดซึมธาตุอาหารเพื่อส่งเสริมผลผลิต (Balea et al., 2026) ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอสพันธุ์ทวิตตี้ได้ดีกว่าน้าประปา (จารุมน ตุ้ยขม และคณะ, 2567) ช่วยเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศได้ร้อยละ 12–44 (Zheng et al., 2025) และการใช้ฟองอากาศร่วมกับสารละลายธาตุอาหารในระบบไร้ดิน ยังช่วยเพิ่มผลผลิตพร้อมทั้งส่งเสริมความหลากหลายของจุลินทรีย์บริเวณรากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zhao et al., 2024)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี จานวน 3 ซ้า โดยกาหนดระดับค่าการนาไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (Electrical Conductivity : EC) ร่วมกับการประยุกต์ใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน (Micro-Nano Bubbles : MNBs) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 : สารละลายธาตุอาหารพืช ค่า EC เท่ากับ 1 mS cm^{-1} (กลุ่มควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 : สารละลายธาตุอาหารพืช ค่า EC เท่ากับ 2 mS cm^{-1}
กรรมวิธีที่ 3 : สารละลายธาตุอาหารพืช ค่า EC เท่ากับ 3 mS cm^{-1}
กรรมวิธีที่ 4 : สารละลายธาตุอาหารพืช ค่า EC เท่ากับ 1 mS cm^{-1} ร่วมกับการให้ MNBs
กรรมวิธีที่ 5 : สารละลายธาตุอาหารพืช ค่า EC เท่ากับ 2 mS cm^{-1} ร่วมกับการให้ MNBs
กรรมวิธีที่ 6 : สารละลายธาตุอาหารพืช ค่า EC เท่ากับ 3 mS cm^{-1} ร่วมกับการให้ MNBs

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ผ่านการเติมฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน ด าเนินการโดยการหมุนเวียนน้ าผ่านเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดเล็ก (MNBs generator) รุ่น KVM-25 ซึ่งผลิตและพัฒนาโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตัวเครื่องกาลังไฟฟ้า 240 วัตต์ มีอัตราการไหลของน้าและอัตราการไหลของฟองอากาศเท่ากับ 1.7 และ 0.5 ลิตรต่อนาที ตามล าดับควบคู่กับอัตราการไหลของอากาศ (Air flow rate) ที่ 0.5 ลิตรต่อนาที การกระจายตัวและความเข้มข้นของฟองอากาศขนาดไมโคร (Microbubbles) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 40-50 ไมโครเมตร โดยมีความหนาแน่นความเข้มข้นเท่ากับ 60,000 ฟองต่อมิลลิลิตร (bubbles/mL) การกระจายตัวและความเข้มข้นของฟองอากาศขนาดนาโน (Nanobubbles) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่

ในช่วง 200-1,000 นาโนเมตร โดยมีความหนาแน่นความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10^8-10^{11} ฟองต่อมิลลิลิตร (bubbles/mL) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเติมฟองอากาศ MNBs เวลา 10 นาที จึงนาน้ำมาเติมสารละลายธาตุอาหารและปรับระดับค่า EC และค่า pH ตามเงื่อนไขของแต่ละกรรมวิธีก่อนน าไปใช้ท การทดลองในระบบปลูกต่อไป

ต้นชาเลือดมังกรที่ใช้ในการศึกษามาจากแหล่งพันธุกรรมในพื้นที่บ้านห้วยน้ ากืนจังหวัดเชียงรายนามาขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปักชากิ่งในวัสดุเพาะ จนกระทั่งเกิดราก เมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 1 เดือน จึงทาการย้ายปลูกลงในระบบไฮโดรโปนิกส์รูปแบบน้ำลึก (Deep Flow Technique: DFT) สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลองดัดแปลงมาจากสูตรของ ชิติ ศรีตนทิพย์ และคณะ (2560) โดยปรับระดับค่า EC ตามของแต่ละกรรมวิธี การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0 ตลอดระยะเวลาการทดลอง ทาการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดล าปา ระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน 2569 ท าการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุกเดือน ที่อายุ 28, 56, 84 และ 112 วันหลังย้ายปลูก (Days After Transplanting : DAT) ข้อมูลที่ทาการบันทึกได้แก่

1. การเจริญเติบโตทางล าต้น ได้แก่ ความสูงของล าต้น(เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้น ขนาดของลาต้น (มิลลิเมตร) วัดข้อมูล 2 ด้านของลาต้นแล้วนามาหาค่าเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มเป็น 2 แนวตั้งฉากกันแล้ว น ามาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2. จ านวนใบต่อต้น (ใบ) นับจ านวนทั้งหมดของต้น น ามาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

3. ขนาดความกว้างใบ (เซนติเมตร) วัดขอบใบทั้งสองข้างโดยวัดจุดที่กว้างที่สุด และขนาดความยาวของใบ วัดจากโคนใบถึงปลายใบ น ามาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

4. จ านวนยอดต่อต้น (ยอด)นับจ านวนยอดทั้งหมดของต้น น ามาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล

4. ผลการวิจัย

4.1 การเจริญเติบโตทางล าต้น จากการศึกษาผลของระดับค่าการน าไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน (MNBs) ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นชาเลือดมังกร ที่อายุ 28, 56 และ 84 วันหลังย้ายปลูก พบว่ากรรมวิธีต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม เมื่อ อายุ 112 วันหลังย้ายปลูก พบว่ากรรมวิธีต่าง ๆ ส่งผลต่อความสูงของต้นชาเลือดมังกรอย่างมีนัยส าคัญยิ่งทางสถิติ โดยต้นชาเลือดมังกรที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารค่า EC 2 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 79.10 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยส าคัญกับการปลูกในสารละลายธาตุอาหารค่า EC 1 mS cm^{-1} (กรรมวิธีที่ 1) และ EC 2 mS cm^{-1} ที่ไม่มีการใช้ MNBs ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยต่ าสุดเท่ากับ 64.84 และ 70.61 เซนติเมตร ตามล าดับในส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล าต้น ที่อายุ 28, 56 และ 84 วันหลังย้ายปลูก ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 112 วันหลังย้ายปลูก กรรมวิธีที่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล าต้นอย่างมีนัยส าคัญทางสถิติ โดยการปลูกในสารละลายธาตุอาหารค่า EC 3 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs ส่งผลให้ต้นชาเลือดมังกรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล าต้นเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.97 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับค่า EC 2 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs (4.77 มิลลิเมตร) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยส าคัญกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ MNBs และกลุ่มควบคุม (EC 1 mS cm^{-1}) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล าต้นต่ าที่สุดเพียง 4.23 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) ด้านความกว้างทรงพุ่ม จากการทดลองพบว่าที่อายุ 28, 56 และ 84 วันหลังย้ายปลูก ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม ที่อายุ 112

วันหลังย้ายปลูก พบว่ากรรมวิธีต่าง ๆ ส่งผลต่อความกว้างทรงพุ่มอย่างมีนัยส าคัญยิ่งทางสถิติ ต้นชาเลือดมังกรที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารค่า EC 1 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs และค่า EC 2 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs มีขนาดความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 86.12 และ 85.21 เซนติเมตร ตามล าดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธี EC 3 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs (83.72 เซนติเมตร) รวมถึงกรรมวิธี EC 2 mS cm^{-1} ที่ไม่มีการใช้ MNBs (83.57 เซนติเมตร) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยส าคัญยิ่งกับกรรมวิธี EC 3 mS cm^{-1} ที่ไม่มีการใช้ MNBs (81.08 เซนติเมตร) และกลุ่มควบคุม (EC 1 mS cm^{-1}) ที่ไม่มีการใช้ MNBs ซึ่งมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่ าสุดเท่ากับ 77.48 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ผลของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโนต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางล าต้นของต้นชาเลือดมังกร ที่อายุต่าง ๆ หลังย้ายปลูก

Treatment	plant height (cm)				stem diameter (mm)			
	DAT				DAT			
	28	56	84	112	28	56	84	112
EC 1	18.83	34.98	54.82	64.84 d	2.20	3.28	3.85	4.23 c
EC 2	20.63	34.97	55.93	70.61 c	2.36	3.26	3.83	4.33 bc
EC 3	18.08	34.38	57.73	71.79 bc	2.16	3.01	3.71	4.43 bc
EC 1+MNBs	18.59	36.06	59.37	75.89 bc	2.17	3.10	3.82	4.36 bc
EC 2+MNBs	19.36	35.52	59.18	79.10 a	2.33	3.18	3.78	4.77 ab
EC 3+MNBs	19.17	34.64	60.03	77.64 ab	2.45	3.56	4.06	4.97 a
F-test	*ns*	*ns*	*ns*	**	*ns*	*ns*	*ns*	*
CV (%)	17.38	8.79	4.55	4.41	37.51	35.82	30.68	27.12

Note. EC = electrical conductivity (mS cm^{-1}); MNBs = micro-nano bubbles. Means in the same column followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT). *ns* = non-significant. $p < .05$. **$p < .01$.

ตารางที่ 2 ผลของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโนต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นชาเลือดมังกร ที่อายุต่าง ๆ หลังย้ายปลูก

Treatment	canopy width (cm)			
	DAT			
	28	56	84	112
EC 1	17.17	43.07	66.44	77.48 c
EC 2	18.33	49.11	66.17	83.57 ab
EC 3	14.00	47.33	65.99	81.08 b
EC 1+MNBs	16.03	44.36	67.43	86.12 a
EC 2+MNBs	15.47	45.04	69.06	85.21 a
EC 3+MNBs	16.56	49.93	67.77	83.72 ab
F-test	ns	ns	ns	**
CV (%)	14.17	6.51	3.63	2.42

Note. EC = electrical conductivity (mS cm^{-1}); MNBs = micro-nano bubbles; DAT = days after transplanting; CV = coefficient of variation. Means in the same column followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT). *ns* = non-significant. **$p < .01$.

4.2 ขนาดของใบ จากการทดลองพบว่า ขนาดของใบชาเลือดมังกร ที่อายุ 28, 56 และ 84 วัน หลังย้ายปลูก ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในด้านความกว้างและความยาวใบ (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตาม ที่อายุ 112 วันหลังย้ายปลูก พบว่ากรรมวิธีต่าง ๆ ส่งผลต่อความกว้างใบอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ โดยต้นชาเลือดมังกรที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารค่า EC 3 mS cm-1 ร่วมกับการใช้ MNBs และค่า EC 2 mS cm-1 ร่วมกับการใช้ MNBs มีขนาดความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.34 และ 4.10 เซนติเมตร ตามลาดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสาคัญกับกลุ่มควบคุม (EC 1 mS cm-1) ที่ไม่มีการใช้ MNBs ซึ่งมีขนาดความกว้างใบต่าสุดเท่ากับ 3.52 เซนติเมตร สาหรับการเติบโตด้านความยาวใบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกช่วงอายุที่ทาการทดลอง โดยที่อายุ 112 วัน ต้นชาเลือดมังกรมีขนาดความยาวใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.22 ถึง 7.64 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ผลของค่าการนาไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโนต่อขนาดความกว้างใบและความยาวใบของต้นชาเลือดมังกร ที่อายุต่าง ๆ หลังย้ายปลูก

Treatment	leaves width (cm)				leaves length (cm)			
	DAT				DAT			
	28	56	84	112	28	56	84	112
EC 1	2.66	3.02	3.24	3.52 b	5.36	6.42	7.00	7.22
EC 2	2.88	3.36	3.68	3.96 ab	5.90	7.03	7.36	7.64
EC 3	2.70	3.00	3.16	3.91 ab	5.50	6.30	6.68	7.38
EC 1+MNBs	2.82	3.28	3.49	3.93 ab	5.57	6.96	7.22	7.58
EC 2+MNBs	2.68	3.04	3.27	4.10 a	5.66	6.61	6.88	7.33
EC 3+MNBs	2.66	3.00	3.36	4.34 a	5.33	6.41	6.89	7.44
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7.04	9.41	7.46	5.70	9.93	11.57	10.94	9.46

Note. EC = electrical conductivity (mS cm^{-1}); MNBs = micro-nano bubbles; DAT = days after transplanting; CV = coefficient of variation. Means in the same column followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT). *ns* = non-significant. *$p < .05$.

4.3 จ นวนใบต่อต้น จากการทดลองพบว่า จ านวนใบต่อต้นของชาเลือดมังกร ที่ อายุ 28, 56, 84 และ 112 วันหลังย้ายปลูก ในทุก ๆ ช่วงอายุที่ท าการทดลองทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 112 วันหลังย้ายปลูก ต้นชาเลือดมังกรมีจ านวนใบเฉลี่ย 1,115.67-1,346.22 ใบต่อต้น

4.4 จ นวนยอดต่อต้น จากการศึกษาพบว่า ที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก ทุกกรรมวิธีมีจ านวนยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) อย่างไรก็ตาม เมื่อต้นชาเลือดมังกรมีอายุเพิ่มขึ้น ที่อายุ 56, 84 จนถึง 112 วันหลังย้ายปลูก พบว่ากรรมวิธีต่าง ๆ ส่งผลต่อจ นวนยอดมีความแตกต่างทางสถิติ โดยที่อายุ 112 วัน ต้นชาเลือดมังกรที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารค่า EC 3 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs ให้จ นวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 150.89 ยอดต่อต้น (ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี EC 2 mS cm^{-1} ร่วมกับการใช้ MNBs ที่มีจานวนยอดเฉลี่ย 140.33 ยอดต่อต้น) แต่ทั้งสองกรรมวิธีดังกล่าวสามารถเพิ่มจ านวนยอดได้อย่างมีนัยส าคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ MNBs ในระดับค่า EC เดียวกัน และกลุ่มควบคุม (EC 1) ซึ่งมีจ านวนยอดเฉลี่ยต่ ที่สุดเท่ากับ 107.00 ยอดต่อต้น

ตารางที่ 4 ผลของค่าการน าไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโนต่อจ านวนใบต่อต้นของต้นชาเลือดมังกร ที่อายุต่าง ๆ หลังย้ายปลูก

Treatment	leaves number per plant (leaves)			
	DAT			
	28	56	84	112
EC 1	23.56	167.56	460.78	1307.56
EC 2	20.78	204.89	475.11	1115.67
EC 3	16.78	159.22	441.44	1346.22
EC 1+MNBs	17.56	155.22	409.44	1155.44
EC 2+MNBs	20.00	202.44	482.89	1249.44
EC 3+MNBs	23.67	228.78	589.11	1124.89
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17.83	16.41	13.09	12.30

Note. EC = electrical conductivity (mS cm^{-1}); MNBs = micro-nano bubbles; DAT = days after transplanting; CV = coefficient of variation. *ns* = non-significant.

ตารางที่ 5 ผลของค่าการนาไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโนต่อจ านวนยอดต่อต้นของชาเลือดมังกร ที่อายุต่าง ๆ หลังย้ายปลูก

Treatment	shoot number per plant (shoot)			
	DAT			
	28	56	84	112
EC 1	10.78	39.33 bc	69.78 c	107.00 d
EC 2	8.00	44.44 abc	85.67 b	123.11 c
EC 3	6.44	46.44 ab	88.00 b	126.78 bc
EC 1+MNBs	7.44	35.89 c	82.78 b	126.56 bc
EC 2+MNBs	8.56	45.56 ab	90.11 b	140.33 ab
EC 3+MNBs	8.56	50.56 a	107.11 a	150.89 a
F-test	ns	*	**	**
CV (%)	24.15	11.16	4.88	6.32

Note. EC = electrical conductivity (mS cm^{-1}); MNBs = micro-nano bubbles; DAT = days after transplanting; CV = coefficient of variation. Means in the same column followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT). *ns* = non-significant. *$p < .05$. **$p < .01$.

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลของระดับค่าการนาไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ร่วมกับการประยุกต์ใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร-นาโน (MNBs) ต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกร โดยเปรียบเทียบระหว่างสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC เท่ากับ 1, 2 และ 3 mS cm^{-1} และสภาวะร่วมกับการใช้ MNBs ผลการศึกษาพบว่า การปลูกชาเลือดมังกรในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2 และ 3 mS cm^{-1} ร่วมกับการให้ MNBs เป็นกรรมวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโต โดยสามารถเพิ่มความสูงต้น

เส้นผ่านศูนย์กลางล าต้นความกว้างใบ และจ านวนยอดได้อย่างมีนัยส าคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 1 mS cm^{-1} ที่ไม่มีการให้ MNBs ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ebina et al. (2013) ซึ่งศึกษาในผักสลัดระบบไฮโดรโปนิกส์และพบว่า การใช้ระบบ MNBs ในสารละลายธาตุอาหารสามารถกระตุ้นความสูงของต้นพืชได้มากกว่าการปลูกในสารละลายอย่างเดียว เช่นเดียวกันกับ Arablousabet and Povilaitis (2024) ที่ระบุว่า น้ำที่มี MNBs มีบทบาทสาคัญในการเพิ่มความสามารถการกักเก็บความชื้น ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์บริเวณรอบราก และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารของพืช ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ทั้งในด้านการพัฒนาของระบบราก การเจริญเติบโตทางลาต้น และการสะสมมวลชีวภาพนอกจากนี้ ในส่วนของความกว้างทรงพุ่ม พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ MNBs ร่วมกับค่า EC ทุกระดับ (1, 2 และ 3 mS cm^{-1}) ส่งผลให้ชาเลือดมังกรมีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เดือนแรม แพ่งเกี่ยว (2563) ที่ทาการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊คในระบบ Nanobubble-DRFT เปรียบเทียบกับระบบ DRFT ทั่วไป พบว่าพืชที่ได้รับ MNBs มีการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางโครงสร้างที่ดีกว่าอย่างชัดเจน

6. เอกสารอ้างอิง

จารุณี ภิลุมวงค์ และนิจปวริชศา ภพักตร์จันทร์. (2565, 8 กรกฎาคม). *“ชาเลือดมังกร” สีสันพรรณพฤกษา*. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

จารุมน ตุ้ยขม, ชิติ ศรีตนทิพย์, ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์, และธิภารัตน์ สาลีเติมสิริ. (2567). ผลของการใช้น้ำออกซิเจนไมโคร/นาโนบับเบิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมเบบี้คอสพันธุ์ทวิตตี้ในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์. *Health Science, Science and Technology Reviews*, *17*(2), 3–14.

ชิติ ศรีตนทิพย์, สันติ ช่างเจรจา, ยุทธนา เขาสุเมรุ, สัญชัย พันธโชติ, ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์, และสุนันท์ เลสัก. (2560). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ต้นทุนต่ำ*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ, นพรัตน์ ทัดมาลา, และวาริช สรีละออง. (2555). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, *43*(2 พิเศษ), 61–64.

ดิเรก ทองอร่าม. (2550). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). บริษัทพิมพ์ดีการพิมพ์.

เดือนแรม แพ่งเกี่ยว. (2563). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลสาหรับการปลูกผักสลัดระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม*, *3*(2), 33–41.

Adrianta, K. A. (2020). Aktivitas antioksidan daun magenta (*Peristrophe bivalvis* (L.) Merr) sebagai salah satu kandidat pengobatan bahan berbasis herbal serta bioaktivitasnya sebagai analgetik [Antioxidant activity of magenta leaf (*Peristrophe bivalvis* (L.) Merr) as a complimentary natural treatment and its bioactivity as analgetic]. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, *6*(1), 33–39.

Adrianta, K. A., Satriyasa, B. K., Wihandani, D. M., & Jawi, I. M. (2021). The antioxidant capacity of *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr. as natural-based nephroprotection. *Traditional Medicine Journal*, *26*(1), 35–41.

Aluko, E. O., Omobowale, T. O., Oyagbemi, A. A., & Fasanmade, A. A. (2020). Anti-lipidemic effect of fractions of *Peristrophe bivalvis* leaf in NG-nitro-L-arginine methyl ester (L-NAME) treated rats. *Drug Research*, *70*(5), 214–225.

Arablousabet, Y., & Povilaitis, A. (2024). The impact of nanobubble gases in enhancing soil moisture, nutrient uptake efficiency and plant growth: A review. *Water*, *16*(21), Article 3074.

Balea, A., Nieto, G., Hadinejad, F., Fuente, E., Sanchez-Salvador, J. L., Monte, M. C., Negro, C., & Blanco, A. (2026). Advancements and challenges of micro/nanobubble technology for sustainable agriculture: A systematic and bibliometric review. *Agricultural Water Management*, *329*, Article 110399. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2026.110399

Ebina, K., Shi, K., Hirao, M., Hashimoto, J., Kawato, Y., Kaneshiro, S., Morimoto, T., Koizumi, K., & Yoshikawa, H. (2013). Oxygen and air nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, and mice. *PLoS ONE*, *8*(6), Article e65339.

Hang, P. T. L., Ngan, L. T., Phuong, T. T. L., Thanh, N. L., Ishikawa-Ishiwata, Y., Hieu, D. M., & Thang, N. D. (2024). Natural pigments from *Gardenia jasminoides* J. Ellis and *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr for food coloring. *Journal of Food Quality*, *2024*, Article 5282266.

Ho, L. C., & Adams, P. (1995). Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta Horticulturae*, *396*, 33–40.

Khue, D. B., Mai, D. S., Tuan, P. M., Oanh, D. T. B., & Van, L. T. H. (2014). *Peristrophe roxburghiana* - A review. *Annals. Food Science and Technology*, *15*(1), 1–9. https://afst.valahia.ro/wp-content/uploads/2022/09/s01_w01_full_2014.pdf

Quan, N. V., Khang, D. T., Dep, L. T., Minh, T. N., Nobukazu, N., & Xuan, T. D. (2016). The potential use of a food-dyeing plant *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr. in Northern Vietnam. *International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine*, *4*, 14–26.

Thuy, T. T., Lam, T. H., Huong, N. T. T., Nhung, L. T. H., Ninh, P. T., Anh, N. T. H., Thao, T. T. P., & Sung, T. V. (2012). Natural phenoxazine alkaloids from *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr. *Biochemical Systematics and Ecology*, *44*, 205–207.

Zhao, Q., Dong, J., Li, S., Lei, W., & Liu, A. (2024). Effects of micro/nano-ozone bubble nutrient solutions on growth promotion and rhizosphere microbial community diversity in soilless cultivated lettuces. *Frontiers in Plant Science*, *15*, Article 1393905.

Zheng, K., Zeng, H., Liu, R., Wu, L., Pan, Y., Li, J., & Shang, C. (2025). Research progress on the regulation of plant rhizosphere oxygen environment by micro-nano bubbles and their application prospects in alleviating hypoxic stress. *Agronomy*, *15*(10), Article 2620.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของฮิวมิกแอซิคต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกร

ชิติ ศรีตนทิพย์[1,2*] ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์[1,2] เสกสรร วงศ์ศิริ[2] จารวี แซ่หมี่[2] ธีรวัฒน์ ศรีธิทนันไชย[2]

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ถนนพหลโยธิน ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

[2] คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ถนนพหลโยธิน ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail : Parinyawadee@rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0818855147

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงคเพื่อศึกษาการใช่กรดฮิวมิกในอัตราที่ตางกันตอการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกรที่ปลูกในระบบ DFT (Deep Flow Technique) ทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2569 วางแผนการทดลองแบบสุมสมบูรณ (completely randomize design : CRD) มี 4 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ คือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม), กรรมวิธีที่ 2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร, กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร, กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่า การใช้กรดฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตความสูงต้นสูงที่สุด ในขณะการใช้กรดฮิวมิกแอซิคเข้มข้นขึ้นเป็น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยให้อัตราการเจริญเติบโตของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างทรง ด้านจำนวนใบต่อต้น ด้านยาวยอดยอดใหม่ และด้านจำนวนยอดต่อต้นสูงที่สุด และขณะที่ดัชนีความเขียวของใบ (SPAD unit) การไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม) มีดัชนีความเขียวของใบสูงที่สุด แต่การใช้กรดฮิวมิกแอซิคเข้มข้นขึ้นเป็น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าดัชนีความเขียวลดลง ขณะที่ความกว้างและความยาวของใบไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ากรดฮิวมิกมีผลต่อการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกรในปลูกในระบบ DFT (Deep Flow Technique)

คำสำคัญ: ชาเลือดมังกร, กรดฮิวมิก, การเจริญเติบโต

Effects of Humic Acid on the Growth of magenta plant

Parinyawadee Sritontip[1,2*], Parinyawadee Sritontip [1,2*],Seksan Wongsiri[2], Jarawee Saemee[2], Thirawat Seetitnanachai[2]

[1] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Lampang 52000

*E-mail : Parinyawadee@rmutl.ac.th, Tel. 0818855147

Abstract

This research aimed to study the effects of different rates of humic acid on the growth of Magenta plant (*Peristrophe bivalvis* L. *Merr*) cultivated in a Deep Flow Technique (DFT) system. The experiment was conducted at the Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang Province, from January to May 2026. A Completely Randomized Design (CRD) was employed with 4 treatments and 3 replications: Treatment 1: no humic acid (Control); Treatment 2: humic acid at a concentration of 50 mg/L; Treatment 3: humic acid at a concentration of 100 mg/L; and Treatment 4: humic acid at a concentration of 150 mg/L. The results showed that the application of humic acid at 50 mg/L resulted in the highest plant height growth rate. Meanwhile, increasing the humic acid concentration to 150 mg/L yielded the highest growth rates in terms of stem diameter, canopy width, number of leaves per plant, new shoot length, and number of shoots per plant. Regarding the chlorophyll meter index (SPAD unit), the control treatment (no humic acid) exhibited the highest values, whereas applications of humic acid at 50, 100, and 150 mg/L led to a decrease in the index. However, leaf width and leaf length showed no significant differences across all treatments. In conclusion, these findings indicate that humic acid significantly affects the growth of Magenta plant cultivated in a DFT system.

Keywords: Magenta plant, Humic acid, Growth

1. บทนำ

ต้นเลือดมังกร (magenta plant) ต้นชาเลือดมังกร “Magenta plant” เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี สูงได้ถึง 1 – 1.5 เมตร กระจายพันธุ์จากประเทศอินเดียตะวันออก ศรีลังกา จีน ไทย เวียดนาม ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย และ ชวา (อินโดนีเซีย) สามารถนำมาเพาะปลูกได้ในพื้นที่สวน และพบได้ตามพื้นที่ป่าธรรมชาติ ในประเทศไทยนิยมปลูกในพื้นที่สูงที่มีอากาศหนาวเย็น และดินมีความอุดมสมบูรณ์ โดยพบว่ามีการเพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ ปัจจุบันใบชาเลือดมังกรไม่เพียงแต่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่ยังมีประโยชน์สำหรับ อุตสาหกรรมอาหารเพราะมีสารให้สี นอกจากนี้ต้นเลือดมังกรยังเจริญเติบโตได้ง่ายไม่ต้องการธาตุ อาหารสูง จึงเหมาะสำหรับเป็นพืชเศรษฐกิจที่ควรพัฒนาและส่งเสริมให้กับเกษตรกร (จารุณี และ นิจปวริชศา, 2565) สีม่วงหรือสีส้มแดงได้มาจากใบ และกิ่งก้านใช้สำหรับระบายสีฝ้ายและปูพรม

ไม่ว่าจะใช้เดี่ยว ๆ หรือผสม กับพืชชนิดอื่นๆ และนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ สรรพคุณทั่วไปของชาเลือดมังกร คือ รักษาวัณโรค กำจัดเสมหะ หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน ต้านพิษ ต้านการอักเสบการติดเชื้อในหลอดลม ตับอักเสบ เบาหวาน ลดไขมัน (Khue et al., 2014) และระดับคอเรสเตอรอลในโลหิต ควบคุมระดับน้ำตาลในโลหิต บำรุงโลหิต ลดความดันโลหิตสูง และบำรุงสายตา (Aluko et al., 2019) ฮิวมิคมีคุณสมบัติเป็น "บัฟเฟอร์" (Buffer) คือ ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินอย่างรวดเร็ว ดินจะมีความเป็นกรดหรือด่างจัด ฮิวมิคจะช่วยปรับให้ค่า pH ของดินค่อยๆ ปรับความเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารส่วนใหญ่ละลายออกมาในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุด หากดินเป็นกรดจัด ฮิวมิคจะช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและเหล็กที่ละลายออกมามากเกินไป และหากดินเป็นด่างจัด ก็จะช่วยให้ธาตุอาหารบางชนิด เช่น ฟอสฟอรัสและจุลธาตุต่างๆ ถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้ได้ (หจก.กฤษฎิ์ณรงค์ 2568)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ต้นเลือดมังกร (magenta plant) เป็นพืชที่มีแอนโธไซยานินสูง เมื่อนาใบชามาต้มกับน้ำร้อนจะให้สีแดงอมม่วงคล้ายกับเลือด สีที่ได้มาเกิดจากสารกลุ่มแอนโธไซยานิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจาก alkaloids,saponins, triterpenoids, tannins, และ flavonoids (Adrianta et al., 2021) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial) จากสารสกัด ethanolic จากใบและลำต้น (Tanavade et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ยับยั้งพิษงูเห่าและงูเขียวหางไหม้อีกด้วย (Phaopongthai et al., 2015) สารฮิวมิกเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรียวัตถุในดิน โดยมีสัดส่วนประมาณ 60–80 % และสามารถแบ่งสารฮิวมิกได้เป็นฮิวมิน (Humin (HM)) กรดฮิวมิก (Humic Acid (HA)) และกรดฟูลวิก (Fulvic Acid (FA)) โดยองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในสารฮิวมิกคือกรดฮิวมิก (สสวท., 2567) อีกทั้งสารฮิวมิกมีบทบาทสำคัญในสิ่งแวดลอม โดยสงเสริมการเจริญเติบโต และการพัฒนาของพืชกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตบริเวณปลายยอดและราก (Tan and Nopamornbodi, 1979) เชนเดียวกับ ที่รายงานว่ากรดฮิวมิคสามารถทำหน้าที่คล้ายกับฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ช่วยเร่งการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ โดยเฉพาะส่วนยอดและราก สอดคล้องกับรายงานที่พบสารฮิวมิคมีบทบาทคล้อยฮอร์โมนออกซิน ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์แครอทให้มีปริมาณที่สูงขึ้นเทียบเท่ากับฮอร์โมนออกซินกลุ่ม 2, 4-D ในอาหารเลี้ยงเซลล์ (Muscolo et al., 1999) สงผลตอการเพิ่มของคลอโรฟลล เอ (Bahrs & Steinberg, 2012) เช่นเดียวกับกรดฮิวมิคที่ระดับความเข้มข้นสูงมีผลยับยั้งอัตราสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของสาหร่าย ขณะที่ยงยุทธ โอสถสภา (2557) กลาววา กรดฮิวมิกเปนสารเรงชีวภาพ เชนเดียวกับ กรดอะมิโน และไคโตซาน เมื่อให้แกพืชทางดิน ทางใบ หรือใสในสารละลายธาตุอาหาร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใชกรดฮิวมิกในอัตราที่ตางกันตอการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2569 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม)

กรรมวิธีที่2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมต้นขยายพันธุ์โดยการปักชำจนเกิดราก มีอายุ 1 เดือนแล้วย้ายปลูกลงในระบบ DFT (Deep Flow Technique)

การบันทึกข้อมูล

1. การเจริญเติบโตทางลำต้น ข้อมูลที่บันทึก ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) โดยการวัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (มิลลิเมตร) โดยการวัดจากตำแหน่งที่สูงจากรางน้ำ 2 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายไว้ โดยครั้งต่อไปทำการวัดในตำแหน่งเดิม ความกว้างทรงพุ่มของต้น (เซนติเมตร) โดยวัด 2 ด้านตั้งฉากกัน ในด้านทิศเหนือ-ทิศใต้ และทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก

2. จำนวนใบต่อต้น (ใบ) นับจำนวนทั้งหมดของต้น

3. ขนาดความกว้าง (เซนติเมตร) วัดขอบใบทั้งสองข้างโดยวัดจุดที่กว้างที่สุด และความยาวของใบวัดจากโคนใบถึงปลายใบ

4. จำนวนยอดต่อต้น (ยอด) นับจำนวนยอดทั้งหมดของต้น

5. ดัชนีความเขียวของใบ วัดใบที่ 3 นับจากยอด ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ เดือน

4. ผลการวิจัย

การใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น พบว่าที่อายุ 14–72 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ขณะที่อายุ 84–140 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยกรรม การให้ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบ ในส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่อายุ 14 - 49 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อายุ 56–84 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ การไม่ใส่ฮิวมิค มีอัตราการเจริญเติบโตเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และขณะที่อายุ 112–140 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ การให้ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และส่วนของความกว้างทรงพุ่มที่อายุ 14-35 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างยิ่ง โดยที่อายุ 42–140 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ การให้ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ชาเลือดมังกรมีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และความเขียวของใบมีความแตกต่างกันทางทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยการไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม) ที่อายุ 14–42 วันหลังย้ายปลูก มีความเขียวของใบสูงที่สุด (Figure 1)

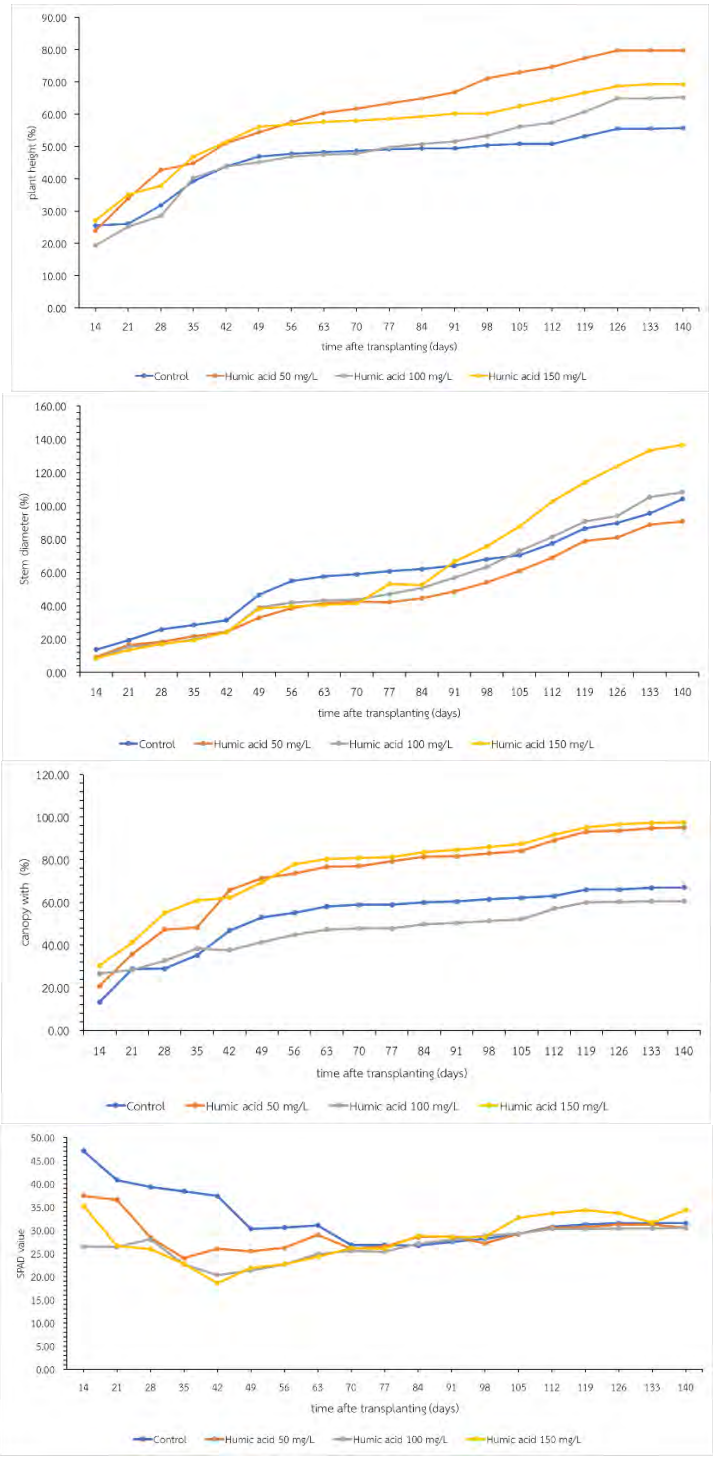


Figure 1. Effects of different rates of humic acid on plant height (a), stem diameter (b), canopy width (c), and chlorophyll content (d) of magenta plant

จำนวนใบต่อต้น ที่อายุ 28–56 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อายุ 84–112 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การให้ฮิวมิกแอซิคความเขมขน 100 มิลลิกรัมตอลิตร แต่ไม่แตกต่างกับการให้ฮิวมิกแอซิคความเขมขน 150 มิลลิกรัมตอลิตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตด้านจำนวนใบต่อต้นของชาเลือดมังกรปลูกที่ได้รับฮิวมิคในระดับต่างกัน

กรรมวิธี	จำนวนใบต่อต้น				
	28 วัน	56 วัน	84 วัน	112 วัน	140 วัน
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม)	6.22	19.56	19.89b	20.11b	13.11
กรรมวิธีที่2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	7.89	19.78	22.00b	23.00b	13.22
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	8.11	27.22	28.44a	29.56a	14.78
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	7.78	23.33	23.78ab	24.89ab	16.56
F-test	ns	ns	*	*	ns

ns, * indicate non – significant and significant at p<0.05, respectively. Means in the same column with the different letters are significantly different at p<0.05

จำนวนยอดต่อต้น ที่อายุ 28วัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ การให้ฮิวมิกแอซิคความเข่มข่น 150 มิลลิกรัมตอลิตร ทำให้ชาเลือดมังกรมีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกับการให้ฮิวมิกแอซิคความเขมข่น 100 มิลลิกรัมตอลิตร แต่ที่อายุ 56 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ การให้ฮิวมิกแอซิคความเข่มข่น 150, 100 และ 50 มิลลิกรัมตอลิตร ทำให้ชาเลือดมังกรมีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยที่อายุ 112 – 140 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การให้ฮิวมิกแอซิคความเข่มข่น 150 มิลลิกรัมตอลิตรและ 100 มิลลิกรัมตอลิตร ทำให้ชาเลือดมังกรมีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตด้านจำนวนยอดต่อต้นของชาเลือดมังกรที่ได้รับฮิวมิคในระดับต่างกัน

กรรมวิธี	จำนวนยอดต่อต้น				
	28 วัน	56 วัน	84 วัน	112 วัน	140 วัน
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม)	2.5c	3.8b	4.0c	4.0c	4.4b
กรรมวิธีที่2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	3.2bc	4.8a	5.4b	5.4b	5.9a
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	4.3ab	5.6a	6.7a	6.7a	6.4a
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	4.6a	5.6a	6.2a	6.2a	6.3a
F-test	*	*	**	**	**

*, ** indicate significant at p<0.05 and p<0.01, respectively. Means in the same column with the different letters are significantly different at p<0.05

ความกว้างใบ ที่อายุ 28 – 140 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6) และความยาวใบที่อายุ 28 – 140 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตด้านความกว้างใบของชาเลือดมังกรที่ได้รับฮิวมิคในระดับต่างกัน

กรรมวิธี	กว้างใบ (เซนติเมตร)				
	28วัน	56 วัน	84วัน	112 วัน	140 วัน
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม)	1.27	1.68	1.64	1.86	1.88
กรรมวิธีที่2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.34	1.48	1.72	1.88	1.90
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.51	1.76	1.86	2.18	2.30
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.51	1.54	1.70	1.98	1.94
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

ns indicate non – significant

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตด้านความความยาวใบของชาเลือดมังกรที่ได้รับฮิวมิคในระดับต่างกัน

กรรมวิธี	ยาวใบ (เซนติเมตร)				
	28วัน	56วัน	84วัน	112 วัน	140 วัน
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม)	2.63	2.91	3.10	3.21	3.26
กรรมวิธีที่2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	2.92	3.04	3.23	3.42	3.46
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	3.08	3.46	3.63	3.86	3.89
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	3.16	2.73	2.97	3.27	3.38
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

ns indicate non – significant

ความยาวยอดของช่อใหม่ ที่อายุ 28 – 56 วันหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อายุ 84 และ 140 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การให้ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150, 100 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ชาเลือดมังกรมีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนที่อายุ 112 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งการให้ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ชาเลือดมังกรมีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตด้านความยาวยอดของช่อใหม่ของชาเลือดมังกรที่ได้รับฮิวมิคในระดับต่างกัน

กรรมวิธี	ยาวยอดของช่อใหม่				
	28วัน	56วัน	84วัน	112 วัน	140 วัน
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม)	1.31	1.66	1.06b	1.28b	0.47b
กรรมวิธีที่2 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.27	1.39	1.33a	1.36b	1.23a
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.30	1.76	1.36a	1.28b	1.23a
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.28	1.51	1.46a	1.69a	1.21a
F-test	ns	ns	**	**	**

ns, ** indicate non – significant and significant at p<0.01, respectively. Means in the same column with the different letters are significantly different at p<0.01

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของกรดฮิวมิกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของชาเลือดมังกรในสภาวะที่ขาดแคลนธาตุอาหาร พบว่า การใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการตอบสนองตอการเจริญเติบโตดีที่สุด ในดานความสูงของลำต้น สอดคลองกับรายงานของ Tan and Nopamornbodi (1979) ที่กลาววา ปริมาณกรดฮิวมิกที่เหมาะสมจะชวยสงเสริมการเจริญเติบโตของยอดและราก เชนเดียวกับ Muscolo et al., (1999) ที่รายงานว่ากรดฮิวมิคสามารถทำหน้าที่คล้ายกับฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ช่วยเร่งการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ โดยเฉพาะส่วนยอดและราก สอดคล้องกับรายงานที่พบสารฮิวมิคมีบทบาทคล้อยฮอร์โมนออกซิน ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์แครอทให้มีปริมาณที่สูงขึ้นเทียบเท่ากับฮอร์โมนออกซินกลุ่ม 2, 4-D ในอาหารเลี้ยงเซลล์ แต่การใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีแตกต่างกับการให้ฮิวมิกแอซิคความเขมขน 50 มิลลิกรัมตอลิตร ในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบต่อต้นและความยาวยอดของช่อใหม่ เช่นเดียวกับ Atiyeh et al., (2002) กล่าวไว้ว่า กรดฮิวมิที่ระดับความเข้มข้นสูงจะมีผลไปลดการเจริญเติบโตของพืช ขณะที่ความเขียวของใบการไม่ใส่ฮิวมิกแอซิค (ควบคุม) มีความเขียวของใบสูงที่สุด ทั้งทีการใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50, 100, 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเขียวของใบที่ลดลง เช่นเดียวกับ Heil (2004) ที่รายงานวา กรดฮิวมิกที่ระดับความเขมขนสูงสงผลเชิงลบตอการ สังเคราะหแสงและการหายใจของสาหราย

ดังนั้นการนำกรดฮิวมิกมาประยุกต์ใช้ในการปลูกชาเลือดมังกรในระบบ DFT (Deep Flow Technique) ในปริมาณที่เหมาะสมโดยการใส่ฮิวมิกแอซิคความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการเร่งและส่งเสริมการเจริญเติบโตและสามารถลดต้นทุนเรื่องของการใช้กรดฮิวมิก สอดคล้องกับความต้องการในเชิงเศรษฐกิจและการผลิตในระยะยาว

6. เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ เกียรติกวินกุล. (2567). สารฮิวมิก ช่วยโลกร้อน. สืบค้น เมื่อ 27 พฤษภาคม 2569, จากเว็บไซต์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จารุณี ภิลุมวงค์ และนิจปวริชศา ภพักตร์จันทร์. (2565). “ชาเลือดมังกร” สีสันพรรณพฤกษา. สืบค้น เมื่อ 27 พฤษภาคม 2569, จาก: https://www.hrdi.or.th/articles/Detail/1530.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2021). การใช้สารเร่งเชิงชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช.วารสารดินและปุ๋ย, 36(1-4), 27-54.

หจก.กฤษฎ์ณรงค์. (2568). ฮิวมิค กับการปรับปรุงโครงสร้างของดิน. สืบค้น เมื่อ 27 พฤษภาคม 2569 จาก https://www.puynum.com/ blog/ฮิวมิค-กับการปรับปรุงโครงสร้างของดิน

Adrianta, K. A., Satriyasa, B. K., Wihandani, D. M., & Jawi, I.M. (2021). The Antioxidant Capacity of Peristrophe Bivalvis (L.) Merr. as Natural-Based Nephroprotection. Traditional Medicine Journal, 26(1), 35-41.

Aluko, E.O., Adejumobi, O.A. and Fasanmade, A.A. (2019). Peristrophe roxburghiana leaf extracts exhibited anti-hypertensive and anti-lipidemic properties in L NAMEhypertensive rats. Life Sciences, 234(4), doi: https://doi.org/10.1016/j.lfs.2019.116753.

Bährs, H., & Steinberg, C. E. (2012). Impact of two different humic substances on selected coccal green algae and cyanobacteria-changes in growth and photosynthetic performance. Environmental science and pollution research, 19, 335-346

Heil, C. A. (2005). Influence of humic, fulvic and hydrophilic acids on the growth, photosynthesis and respiration of the dinoflagellate Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller. Harmful algae, 4(3), 603-618.

Muscolo, A., and others. (1999). "Earthworm humic matter produces auxin-likcus effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism." Soil Biology and Biochemistry 31 (March 20): 1303-1311

Phaopongthai, J., Noiphrom, J., Phaopongthai, S., Pakmanee, N., & Sichaem, J. (2016). Biological activities of Peristrophe bivalvis extracts: promising potential for anti-snake venoms against Naja kaouthia and Trimeresurus albolabris venoms. Natural Product Research, 30, 697-699.

Khue, D.B., Mai, D.S., Tuan, P.M., Oanh, D.T.B. and Van, L.T.H. (2014). Peristrophe roxburghiana - a review. Annals Food Science and Technology, 15(1), 1-9.

Tanavade, S. S., Naikwade, N. S., & Chougule, D. D. (2012). Antimicrobial activity of ethanolic extracts of leaves and stems of Peristrophe bivalvis merrill. International Journal of Biomedical Research, 3(2), 106-108.

Tan, K. H., & Nopamornbodi, V. (1979). Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (Zea mays L.). Plant and soil, 51, 283-287

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

ผลของปุ๋ยสูตร 21-21-21 ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์ปทุมมาสายพันธุ์ เชียงราย 1

ภัทรพร วงศ์ชัย[1] รุ่งนภา ช่างเจรจา[2*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000
[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

*changjeraja@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ณ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงราย ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 และให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 กรัมต่อต้น แต่ละกรรมวิธีมี 10 ซ้ำ โดยทุกกรรมวิธีได้รับปุ๋ยละลายช้าสูตร 13-13-13 อัตรา 5 กรัมต่อต้นเมื่อย้ายปลูก และให้ปุ๋ยเกร็ดตามกรรมวิธีทุก 30 วัน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต น้ำหนักหัวและราก รวมถึงปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในหัวและราก ผลการทดลองพบว่า อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ ความสูงต้น และจำนวนหน่อ แต่มีผลต่อองค์ประกอบด้านน้ำหนักของหัวและรากอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการให้ปุ๋ยสูตร 21-21-21 อัตรา 0.25 กรัมต่อต้น ให้ค่าน้ำหนักหัวสด น้ำหนักรากสด น้ำหนักหัวแห้ง และน้ำหนักรากแห้งสูงที่สุด ดังนั้น การให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 0.25 กรัมต่อต้น เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 1 เนื่องจากช่วยเพิ่มน้ำหนักหัวและราก ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของคุณภาพหัวพันธุ์

คำสำคัญ: ปทุมมา, ปุ๋ยสูตร 21-21-21, การเจริญเติบโต, หัวพันธุ์, ธาตุอาหาร

Effect of 21-21-21 Fertilizer Formula on the Growth and Rhizome Quality of *Curcuma alismatifolia* Gagnep, Variety Chiang Rai 1.

Phattharaphon Wongchai [1*] Rungnapa changjeraja [2]

[1]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Lampang 52000, Thailand

[2]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Rajamangala University of Technology Lanna. Lampang, 52000, Thailand.

*changjeraja@rmutl.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate the effects of 21-21-21 foliar fertilizer on the growth and quality of planting materials of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Rai 1. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) from June to November 2025 at Chiang Rai College of Agriculture and Technology. Five treatments were applied: no application of 21-21-21 foliar fertilizer and applications of 21-21-21 foliar fertilizer at rates of 0.25, 0.50, 0.75, and 1.00 g plant^{-1}. Each treatment consisted of 10 replications. All treatments received 13-13-13 slow-release fertilizer at a rate of 5 g plant^{-1} at transplanting, while the 21-21-21 foliar fertilizer was applied according to the respective treatments at 30-day intervals. Growth parameters, fresh and dry weights of rhizomes and roots, and the concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in the rhizomes and roots were recorded.

The results showed that different rates of 21-21-21 foliar fertilizer had no statistically significant effects on leaf width, leaf length, number of leaves, plant height, or number of shoots. However, fertilizer application rates had highly significant effects on rhizome and root weight components. The application of 21-21-21 foliar fertilizer at a rate of 0.25 g/ plant resulted in the highest fresh rhizome weight, fresh root weight, dry rhizome weight, and dry root weight. Therefore, the application of 21-21-21 foliar fertilizer at 0.25 g/ plant was considered the most appropriate rate for the production of planting materials of *Curcuma alismatifolia* cv. Chiang Rai 1, as it enhanced rhizome and root weights, which are important components of planting material quality.

Keywords: *Curcuma alismatifolia*, 21-21-21 fertilizer, growth, planting rhizome, mineral nutrients

1. บทนำ

ปทุมมา เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) สกุลขมิ้น (Curcuma) มีถิ่นกำเนิดแถบอินโดจีน เช่น พม่า ไทย ลาว เขมร พืชในสกุลขมิ้นจะเจริญเติบโตและออกดอกในช่วงฤดูฝน สามารถนำดอกมารับประทานเป็นผักสด ร่วมกับน้ำพริกและยังเป็นพืชสมุนไพร (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2563) เป็นไม้ดอกเมืองร้อนที่มีสีสันสวยงาม โดดเด่น สะดุดตา มีรูปทรงที่สง่า มีความคงทนของอายุการออกดอกบนต้นและอายุการปักแจกันชาวต่างชาติจึงขนานนามไม้ดอกชนิดนี้ว่า สยามทิวลิป ประเทศไทยมีพื้นที่การผลิตปทุมมาประมาณ 400 ไร่ แหล่งผลิตใหญ่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน เลย ชัยภูมิ และกาญจนบุรี ถือเป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญ มีการส่งอออกไปต่างประเทศมากเป็นอันดับ 2 รองจากกล้วยไม้ มีมูลค่าการส่งออก 30 – 40 ล้านบาท/ปี ในขณะที่ตลาดโลกมีความต้องการหัวพันธุ์ปทุมมาไม่น้อยกว่า 200 ล้านบาท/ปี (จิรวรรณ โรจนพรทิพย์, 2565)ปทุมมาพันธุ์เชียงราย 1 เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ ระหว่างปทุมมาพันธุ์ปทุมรัตน์กับปทุมมาพันธุ์เทพรำลึก ลักษณะเด่น ช่อดอกเป็นทรงกระบอกสั้น กลีบประดับสีชมพูเข้ม กลีบเรียงซ้อนกันเป็นระเบียบสวยงามและบิดเป็นเกลียว ออกดอกเร็ว อายุปลูกถึงให้ดอก 50 – 70 วัน ผลผลิตช่อดอกมาก 3 – 4 ดอก/กอ อายุการใช้งานนาน 4 – 7 สัปดาห์ เหมาะสำหรับปลูกที่ดอนและที่ลุ่ม ไม่มีน้ำท่วมขัง (จิรวรรณ โรจนพรทิพย์, 2563)

การเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของหน่อ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ เป็นแนวทางที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตต้นพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักอย่างเหมาะสม (โสภิตา ตาปัน และโสระยา ร่วมรังสี, 2549) การให้ปุ๋ยมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะการเจริญเติบโต การสะสมอาหารในหัว และคุณภาพหัวพันธุ์ของพืชหัวและไม้ดอก การเลือกอัตราและวิธีการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพหัวพันธุ์ ซึ่งงานวิจัยเกี่ยวกับการให้ธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยในกลุ่ม Curcuma/turmeric และพืชหัวอื่นๆ พบว่าการให้ปุ๋ย N-P-K สามารถเพิ่มปริมาณการสะสมอาหารและคุณลักษณะคุณภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ (Dilfuza Jabborova , 2021) กนกวรรณ ปัญจะมา และคณะ (2566) รายงานว่าความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของกระเจียว ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพบว่า การให้ปุ๋ยเกร็ดสูตรเสมอ 21-21-21 อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ปริมาณ 100 มิลลิลิตรต่อต้น สัปดาห์ละ 2 ครั้ง แก่กระเจียวสายพันธุ์ CMU Sweet Rosy ส่งผลให้พืชมีความสูงต้น และเปอร์เซ็นต์การออกดอก มากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยสัปดาห์ละครั้ง จำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กระเจียวสายพันธุ์ CMU Sweet Rosy มีการ เจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 เป็นปุ๋ยสูตรเสมอชนิดเกร็ด พร้อมเพิ่มธาตุอาหารเสริม (EDTA chelated micronutrients) สามารถละลายน้ำได้ และพืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารเข้าทางรากและทางใบ ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืชด้านลำต้นและใบ ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ส่งเสริมการออกดอก และบำรุงผล ทั้งนี้ปุ๋ยสูตร 21-21-21 ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในอัตราส่วนที่สมดุลเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด แต่ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพของปุ๋ยสูตรดังกล่าวต่อขนาดและจำนวนหน่อของต้นปทุมมา

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยสูตร 21-21-21 ต่อการเจริญเติบโตของต้นปทุมมาสายพันธุ์ เชียงราย 1 และคุณภาพของหัวพันธุ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพและรองรับความต้องการในอุตสาหกรรมไม้ดอกไม้ประดับของประเทศไทย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กรมวิชาการเกษตร, (2563) พบว่าปทุมมาพันธุ์เชียงราย1 ระยะการเจริญเติบโตทางใบ มีความต้องการธาตุไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 9.01, 0.75 และ 5.35 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นสัดส่วนธาตุอาหารที่ต้องการ เท่ากับ 12 : 1 : 7 ระยะสร้างดอก มีความต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 3.76, 0.38 และ 3.46 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นสัดส่วนธาตุอาหารที่ต้องการ เท่ากับ 10 : 1 : 9 และระยะใกล้พักตัว มีความต้องการธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 13.11, 0.78 และ 7.76 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นสัดส่วนธาตุอาหารที่ต้องการ เท่ากับ 17 : 1 : 10 นอกจากนี้ กมลชนก เลิศไพรวัน และคณะ, (2563) รายงานว่าวิธีการให้ปุ๋ยที่มีความเหมาะสมต่อการเติบโตของกล้วยไม้แวนดา Pat Delight โดยให้พืชได้รับปุ๋ยที่ต่างกัน ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ให้ปุ๋ยเกร็ด 21-21-21 ตลอดปี กรรมวิธีที่ 2 ให้ปุ๋ยเกร็ด 13-27-27 ตลอดปี กรรมวิธีที่ 3 ให้ปุ๋ยเกร็ด 21-21-21 จำนวน 2 ครั้งสลับกับให้ปุ๋ยเกร็ด 13-27-27 จำนวน 3 ครั้ง ตลอดปี กรรมวิธีที่ 4 ให้ปุ๋ยเกร็ด 21-21-21 จำนวน 4 ครั้ง สลับกับให้ปุ๋ยเกร็ด13-27-27 จำนวน 1 ครั้ง ตลอดปี กรรมวิธีที่ 5 ไม่ได้รับปุ๋ย (ให้น้ำอย่างเดียว) พ่นปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด ในอัตรา 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 100 มิลลิลิตรต่อต้น ผลการทดลอง พบว่า การให้ปุ๋ยเกร็ด 21-21-21 จำนวน 4 ครั้ง สลับกับให้ปุ๋ยเกร็ด 13-27-27 จำนวน 1 ครั้ง (กรรมวิธีที่ 4) มีจำนวนคู่ใบและค่าความเขียวของใบไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยเกร็ด 21-21-21 ตลอดปี (กรรมวิธีที่ 1) ซึ่งความสูงต้นมากที่สุดเฉลี่ย 37.6 เซนติเมตร และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกน้อยที่สุดที่ 70 เปอร์เซ็นต์ แต่กรรมวิธีที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การออกดอก 100 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนดอกต่อช่อ ความยาวก้านช่อดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางดอกมากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ดังนั้น การให้ปุ๋ยเกร็ด 21-21-21 จำนวน 4 ครั้ง สลับกับปุ๋ยเกร็ด 13-27-27 จำนวน 1 ครั้ง จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และมีคุณภาพดอกดี ทีปกร รื่นเริงใจ, (2562) พบว่าจากการทดลองผลของอัตราการให้ปุ๋ยและจำนวนครั้งในการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของแวนดาลูกผสม ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของแวนดาลูกผสมโดยศึกษาใน 2 ปัจจัย ได้แก่ อัตราปุ๋ยและวิธีการให้ปุ๋ย พบว่ากรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยเกร็ดละลายน้ำสูตร 21-21-21 อัตราปุ๋ย 40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร สัปดาห์ละ 1 ครั้ง มีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้น คุณภาพดอก และปริมาณธาตุอาหารในพืชดี ไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยที่มากกว่า จึงสามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยในวิธีการดังกล่าวได้ เพื่อให้ได้กล้วยไม้แวนดาที่มีการเจริญเติบโต และคุณภาพดอกดี อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยและต้นทุนการผลิตได้ ส่วนโสระยา ร่วมรังษี, (2558) กล่าวว่าถึงแม้ว่าการปลูกไม้ดอกประเภทหัวจะมีความต้องการใช้ธาตุอาหารไม่มาก แต่ก็มีความจำเป็นที่ต้องให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอโดยมีการให้ในรูปของปุ๋ยแก่พืชเพื่อให้มีดอกและหัวที่มีคุณภาพการให้อัตรา 1 กรัมต่อต้น และดอกมีคุณภาพดีกว่าการไม่ให้ปุ๋ย นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราปุ๋ยและขนาดหัวพันธุ์มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของหงส์เหิน โสระยา ร่วมรังสี และ ชัยอาทิตย์

อิ่นคำ, (2561) รายงานว่า การให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เดือนละ 1 ครั้ง อัตรา 4 กรัมต่อครั้งนาน 6 เดือน ทำให้พืชมีเส้นผ่าศูนย์กลางดอก และความยาวก้านดอก มากที่สุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลอง ทำการศึกษาผลของอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์ปทุมมา สายพันธุ์เชียงราย 1 การทดลองระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568 ระยะเวลา 6 เดือน

การวางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ให้ปุ๋ย

กรรมวิธีที่ 2 ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 0.25 กรัมต่อต้น

กรรมวิธีที่ 3 ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 0.50 กรัมต่อต้น

กรรมวิธีที่ 4 ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 0.75 กรัมต่อต้น

กรรมวิธีที่ 5 ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 1.00 กรัมต่อต้น

ทุกกรรมวิธีให้ปุ๋ยละลายช้า สูตร 13-13-13 อัตรา 5 กรัมต่อต้นในครั้งแรกเมื่อย้ายต้นกล้าลงกระถางเพื่อป้องกันภาวะการขาดธาตุอาหารในระยะแรกหลังย้ายปลูก หลังจากนั้น ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตราตามแต่ละกรรมวิธี ทุกๆ 30วัน จำนวน 3 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธี

การบันทึกข้อมูล

การเจริญเติบโต บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตหลังย้ายปลูกเมื่อต้นปทุมมามีอายุ 60 วัน ทั้ง 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ทุกๆ 30 วัน จำนวน 3 ครั้ง

1. ความสูงต้นวัดจากโคนต้นถึงปลายใบ (เซนติเมตร)
2. จำนวนใบต่อต้น (ใบ)
3. ความกว้างใบโดยวัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบ การวัดจากขอบของใบที่มีความเว้าออกมามากที่สุดไปยังอีกด้านที่มีความเว้ามากที่สุด (เซนติเมตร) (บันทึกข้อมูลใบที่ 3 ที่มีการเจริญเต็มที่)
4. ความยาวใบโดยวัดใบที่คลี่เต็มที่ทุกใบ จากโคนใบถึงปลายใบ (เซนติเมตร) (เริ่มบันทึกข้อมูลใบที่ 3 ที่มีการเจริญเต็มที่)

การเจริญเติบโตด้านหัวพันธุ์ บันทึกข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อต้นปทุมมามีอายุ 150 วัน ทั้ง 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ

1. น้ำหนักสดหัวและราก (กรัม)
2. น้ำหนักแห้งหัวและราก (กรัม)
3. ปริมาณธาตุอาหารในหัว ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ตามวิธีการของ Kalra (1998)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่นัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

4.ผลการวิจัย

จากผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านความกว้างใบอยู่ในช่วง 4.07-4.43 เซนติเมตร ความยาวใบอยู่ในช่วง 15.15-16.66 เซนติเมตร จำนวนใบอยู่ในช่วง 3.13-3.25 ใบ ความสูงต้นอยู่ในช่วง 25.04-27.56 เซนติเมตร และจำนวนหน่อ 1.06-1.50 หน่อ โดยค่าที่ได้มีแนวโน้มใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธี และกรรมวิธีที่แตกต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบด้านน้ำหนักของหัวปทุมมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่งได้แก่ น้ำหนักหัวสด น้ำหนักรากสด น้ำหนักหัวแห้ง และน้ำหนักรากแห้ง เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย พบว่า กรรมวิธีที่ 2 ให้ผลสูงที่สุดด้านน้ำหนัก โดยมีน้ำหนักหัวสดสูงสุดเท่ากับ 4.47 กรัม น้ำหนักรากสด 20.25 กรัม น้ำหนักหัวแห้ง 1.35 กรัม และน้ำหนักรากแห้ง 3.31 กรัม ส่วนกรรมวิธีที่ 5 ให้ค่าน้ำหนักต่ำที่สุด ได้แก่ น้ำหนักรากสด 5.98 กรัม และน้ำหนักรากแห้ง 0.59 กรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของปทุมมาสายพันธุ์เชียงราย 1 ที่ใส่ปุ๋ยสูตร 21-21-21 ในอัตราที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความกว้างใบ (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)	จำนวนใบ (ซม.)	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนหน่อ (หน่อ)	น้ำหนัก (กรัม)			
						หัวสด	รากสด	หัวแห้ง	รากแห้ง
ไม่ใส่ปุ๋ย 21-21-21	4.09	15.15	3.25	25.35	1.16	2.85^{b}	11.87^{b}	0.99^{b}	2.18^{b}
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 0.25 กรัมต่อต้น	4.07	15.54	3.25	27.56	1.50	4.47^{a}	20.25^{a}	1.35^{a}	3.31^{a}
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 0.50 กรัมต่อต้น	4.36	16.51	3.13	26.80	1.41	2.94^{b}	17.65^{a}	0.90^{bc}	2.35^{b}
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 0.75 กรัมต่อต้น	4.19	16.08	3.25	25.04	1.34	2.46^{b}	8.44^{bc}	0.68^{c}	1.01^{c}
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 1.00 กรัมต่อต้น	4.43	16.66	3.13	27.46	1.06	2.80^{b}	5.98^{c}	0.82^{bc}	0.59^{c}
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	0.11	0.08	0.13	0.08	0.50	0.38	0.58	0.36	0.65

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในรากและหัวของปทุมมาสายพันธุ์เชียงราย 1 พบว่า กรรมวิธีที่แตกต่างกันมีผลต่อการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ทั้งในรากและหัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม (K) ในรากและหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน (N) พบว่า กรรมวิธีที่ 5 ให้ปริมาณไนโตรเจนในรากสูงสุด เท่ากับ 57.29 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณไนโตรเจนในหัวสูงสุดพบในกรรมวิธีที่ 5 เช่นกัน เท่ากับ 68.35 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับฟอสฟอรัส (P) พบว่า กรรมวิธีที่ 5 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรากสูงสุด เท่ากับ 2.87มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และให้ปริมาณฟอสฟอรัสในหัวสูงสุด เท่ากับ 2.75 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ด้านโพแทสเซียม (K) แม้ว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีจะแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณโพแทสเซียมในรากมีค่าอยู่ระหว่าง 8.58–11.66 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และในหัวมีค่าอยู่ระหว่าง 4.99–7.14 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในรากและหัวของปทุมมาสายพันธุ์เชียงราย 1

กรรมวิธี	ธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	N		P		K	
	ราก	หัว	ราก	หัว	ราก	หัว
ไม่ใส่ปุ๋ย 21-21-21	15.15^{d}	41.14^{d}	1.55^{c}	2.11^{c}	11.66	7.14
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 0.25 กรัมต่อต้น	29.48^{c}	53.84^{c}	2.35^{b}	2.42^{b}	8.58	5.08
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 0.50 กรัมต่อต้น	40.17^{b}	60.57^{b}	2.74^{a}	2.67^{a}	9.78	4.99
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 0.75 กรัมต่อต้น	38.57^{b}	68.00^{a}	2.65^{a}	2.68^{a}	10.71	5.04
ใส่ปุ๋ย 21-21-21 อัตรา 1.00 กรัมต่อต้น	57.29^{a}	68.35^{a}	2.87^{a}	2.75^{a}	11.25	5.31
F-test	**	**	**	**	ns	ns
C.V. (%)	0.39	0.18	0.20	0.10	0.18	0.29

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาผลของกรรมวิธีต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต การสะสมชีวมวล และการสะสมธาตุอาหารของปทุมมา พบว่า กรรมวิธีที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านสัณฐานวิทยา ได้แก่ ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ ความสูงต้น และจำนวนหน่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าที่ได้ในแต่ละกรรมวิธีมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของปทุมมาโดยตรง อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีที่แตกต่างกันมีผลต่อการสะสมน้ำหนักหัวสด

น้ำหนักรากสด น้ำหนักหัวแห้ง และน้ำหนักรากแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง โดยกรรมวิธีที่ 2 ให้ค่าสูงสุดในหลายลักษณะ ได้แก่ น้ำหนักหัวสด (4.47 กรัม) น้ำหนักรากสด (20.25 กรัม) น้ำหนักหัวแห้ง (1.35 กรัม) และน้ำหนักรากแห้ง (3.31 กรัม) แสดงให้เห็นว่า กรรมวิธีดังกล่าวสามารถส่งเสริมการสะสมชีวมวลของหัวและรากได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ในด้านการสะสมธาตุอาหาร พบว่า กรรมวิธีที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในรากและหัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยการให้ธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยในกลุ่ม Curcuma/turmeric และพืชหัวอื่นๆ พบว่าการให้ปุ๋ย N-P-K สามารถเพิ่มปริมาณการสะสมอาหารและคุณลักษณะคุณภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ (Dilfuza Jabborova , 2021) ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม (K) ในรากและหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 5 ให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงสุด ทั้งในรากและหัว ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนในรากและหัวเท่ากับ 57.29 และ 68.35 ตามลำดับ และปริมาณฟอสฟอรัสในรากและหัวเท่ากับ 2.87 และ 2.75 ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของข้อมูลทุกลักษณะมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าการทดลองมีความแม่นยำและข้อมูลมีความสม่ำเสมอสูง

ดังนั้น การใช้อัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหัวพันธุ์ปทุมมา สายพันธุ์ เชียงราย 1 กรรมวิธีที่ 2 ให้ปุ๋ยเกร็ดสูตร 21-21-21 อัตรา 0.25 กรัมต่อต้น เป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปทุมมา สายพันธุ์ เชียงราย 1 เนื่องจากช่วยปรับปรุงทั้งด้านการเจริญเติบโตสรีรวิทยาและผลผลิตของพืชได้อย่างมีประสิทธิผลสูงสุด จึงแนะนำให้ใช้อัตราดังกล่าวสำหรับการผลิตหัวพันธุ์เพื่อให้ได้หัวที่มีคุณภาพและมีศักยภาพในการเจริญเติบโตในฤดูปลูกถัดไป ทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ และรองรับความต้องการในอุตสาหกรรมไม้ดอกไม้ประดับของประเทศไทยในอนาคต

การเพิ่มอัตราปุ๋ยเกร็ดสูงกว่า 0.25 กรัมต่อต้น ไม่ก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิตของหัวและรากอย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่แนะนำให้ใช้ในอัตราที่สูงกว่านี้ เนื่องจากอาจเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านผลผลิตที่คุ้มค่า

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงราย สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และอำนวยสะดวกในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2563). *ศึกษาความต้องการธาตุอาหารของปทุมมา.* โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กนกวรรณ ปัญจะมา, โสรยา ร่วมรังษี, และชัยอาทิตย์ อินคำ. (2566). *ความถี่ในการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของกระเจียวที่ได้จากการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ* . วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร, *1*(2), 26–31.

กมลชนก เลิศไพรวัน, กนกวรรณ ปัญจะมา,ชัยอาทิตย์ อินคา, และโสระยา ร่วมรังษี. (2563) *ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางใบต่อการเติบโตของกล้วยไม้แวนดา*.วารสารเกษตร, 36(1): 103-112

จิรวรรณ โรจนพรทิพย์. (2563). *เทคโนโลยีชาวบ้าน: กรมวิชาการเกษตร อวดโฉม ปทุมมา 4 พันธุ์ใหม่*. สืบค้น 10 มีนาคม 2569, จาก https://www.khaosod.co.th/technologychaoban/techno-news/article_141745

จิรวรรณ โรจนพรทิพย์. (2565). เทคโนโลยีชาวบ้าน: พันธุ์ปทุมาที่ตลาดต้องการ. สืบค้น 14 มีนาคม 2569, จาก https://www.khaosod.co.th/technologychaoban/techno-news/article_146900

ทีปกร รื่นเริงใจ. (2562). *ผลของวิธีการและช่วงเวลาการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของแวนดาลูกผสม.* วิทยานิพนธ์ วิทยาศาตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาตร์) สาขาวิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2563). อวดโฉม *“ปทุมมาห้วยสำราญ” ราชินีแห่งป่าฝนสายพันธุ์ใหม่*. สืบค้น 10 มีนาคม 2569, จาก https://oer.learn.in.th/search_detail/result/215215

โสภิตา ตาปัน และ โสระยา ร่วมรังษี. (2549). *ผลของธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตของ ปทุมมา*. วารสารเกษตร 22(2): 95-103.

โสระยา ร่วมรังษี และชัยอาทิตย์ อิ่นคำ. (2561). *การผลิตว่านสี่ทิศเพื่อตัดดอกเป็นการค้า ภายใต้ชุดโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกที่เหมาะสมและสร้างอาชีพให้แก่ชุมชนบนพื้นที่สูง*. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โสระยา ร่วมรังษี. (2558). *สรีรวิทยาไม้ดอกประเภทหัว.* สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 276 น.

Jabborova, D.; Sulaymanov, K.; Sayyed, R.Z.; Alotaibi, S.H.; Enakiev, Y.; Azimov, A.; Jabbarov, Z.; Ansari, M.J.; Fahad, S.; Danish, S. (2021). *Mineral Fertilizers Improves the Quality of Turmeric and Soil*. สืบค้น 10 มีนาคม 2569, จาก https://www.mdpi.com/2071-1050/13/16/9437

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การศึกษาการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกจากฟางข้าว

เฉลิม ยาวิลาศ[1] พฤทธิ์ เนตรสว่าง[1*] อนุวัตร ศรีนวล[1] ทวีศักดิ์ มหาวรรณ์[1]
สัตยา แสงผึ้ง[1] และ อธิบดี วงศ์ขัติยะ[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* chalormy@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตุประสงค์เพื่อศึกษาหาวิธีทางเลือกในการขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกพืชจากฟางข้าว โดยศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างฟางข้าวต่อแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำที่ 3 ระดับ ได้แก่ 30:30:80, 35:30:80 และ 40:30:80 กรัม และทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงดัน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปต่อครั้งนาน 4 นาที และใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 170, 190 และ 210 องศาเซลเซียส ภายหลังการอัดขึ้นรูปได้ทำการทดสอบหาระยะเวลาการคงสภาพของกระถางเพาะปลูก ผลทดลองพบว่า การนำฟางข้าวผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 30:30:80, 35:30:80 และ 40:30:80 กรัม กดอัดด้วยเครื่องอัดกระถางที่แรงกด 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและใช้กดอัดเป็นเวลา 4 นาทีต่อครั้ง ที่อุณหภูมิสูงกว่า 190 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบการคงสภาพด้วยการปลูกข้าวโพดจากเมล็ดโดยกระถางสามารถคงสภาพได้เป็นเวลานานกว่า 3 สัปดาห์

คำสำคัญ ฟางข้าว แป้งมันสำปะหลัง กระถางเพาะปลูก การขึ้นรูปด้วยการอัด

A Study on the Compression Molding of Planting Pots from Rice Straw

Chalorm Yawilat[1] Prud Netsawang[1*] anuwat srinoun[1] Taweesak Mahawan[1]
Sataya Sangphueng[1] and Athibbordee Vongkhattiya[1]

[1] Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* chalormy@rmutl.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate alternative forming methods for fabricating biodegradable plant pots from rice straw. The optimal mixture ratios of rice straw to cassava starch and water were evaluated at three different levels: 30:30:80, 35:30:80, and 40:30:80 grams. The molding process was executed using a specialized pot press machine under a constant pressure of 200 psi with a dwelling time of 4 minutes per cycle. The effects of three distinct forming temperatures (170°C, 190°C, and 210°C) were also examined. After the compression, the pots were assessed for stability in cultivation. The experimental results indicated that the mixture ratios of 30:30:80, 35:30:80, and 40:30:80 grams, when pressed at a pressure of 200 psi for 4 minutes at temperatures exceeding 190°C, successfully produced structural plant pots. Cultivation trials utilizing maize seeds demonstrated that the fabricated pots maintained their structural integrity and shape for more than 3 weeks.

Keywords: Rice straw, Cassava starch, Biodegradable plant pot, Compression molding

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ภาคการเกษตรมีการใช้ภาชนะเพาะปลูกที่ผลิตจากพลาสติกอย่างแพร่หลาย เช่น ถุงเพาะชำและกระถางพลาสติก เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และมีความทนทานต่อการใช้งาน เมื่อภาชนะเหล่านี้เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งาน จะกลายเป็นขยะพลาสติกที่ต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการย่อยสลาย ซึ่งวิธีการกำจัดขยะพลาสติกในปัจจุบันมักดำเนินการโดยการเผาหรือการฝังกลบ ส่งผลให้เกิดปัญหามลภาวะทางดินและอากาศ อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนพลาสติกจึงเป็นแนวทางที่ยั่งยืน นอกจากจะเป็นการลดปริมาณขยะและมลภาวะแล้ว ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำ “ฟางข้าว” ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวมาพัฒนาเป็นกระถางเพาะปลูกย่อยสลายได้ โดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องไฮดรอลิกโดยใช้การอัดด้วยแรงดัน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและความร้อนจากฮีตเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและลดระยะเวลาในขั้นตอนการขึ้นรูปให้สั้นลง งานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จะเป็นการลดปัญหาขยะพลาสติกในภาคการเกษตร แต่ยังช่วยลดปัญหาการเผาตอซังฟางข้าวของเกษตรกร ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางอากาศ (ฝุ่นละออง PM 2.5) อันจะเป็นการส่งเสริมการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฟางข้าว (Rice straw) เป็นส่วนของต้นข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในแต่ละรอบการเพาะปลูกข้าว ฟางข้าวถือเป็นประโยชน์พลอยได้จากการทำเกษตรนาข้าวที่มีประโยชน์หลายด้าน ฟางข้าวที่มีความสมบูรณ์ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ใบข้าว ปล้องข้าว และรวงข้าว ส่วนฟางข้าวที่ได้รับการเก็บเกี่ยวด้วยการตัดในแปลงนาจะมีส่วนประกอบของตอซังหรือกอข้าวรวมอยู่ด้วย โดยทั่วไปฟางข้าวถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ฟางข้าวจากการเกี่ยวมือ ฟางข้าวจากการนวดด้วยรถหลังจากการเกี่ยวมือ และฟางข้าวจากรถเกี่ยวข้าว

2.1 ประโยชน์ของฟางข้าว

ฟางข้าวเป็นอินทรียวัตถุอย่างหนึ่งที่ได้มาหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น

1) ใช้ควบคุมวัชพืช ฟางข้าวจะช่วยบดบังแสงแดดไม่ให้ส่องผ่านถึงวัชพืชเพื่อหยุดการเจริญเติบโต และยังช่วยรักษาความชื้นในดิน

2) ใช้ปรับความเป็นกรดด่างในดิน การนำฟางข้าวไปคลุมดิน ส่งผลให้ฤทธิ์เป็นกรดหรือเป็นด่างของดินก็จะค่อยๆ หายไป ช่วยปรับโครงสร้างของดิน ให้เกิดความสมดุลธรรมชาติ

3) ลดการใช้สารเคมีและสร้างระบบนิเวศ เมื่อดินมีความชื้นจากการคลุมหน้าดิน ก็จะมีจุลินทรีย์ ไส้เดือน และสัตว์ต่างๆ ส่งผลให้ระบบนิเวศสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2.2 กระบวนการจัดการฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร

ปัจจุบันการจัดการฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวมีวิธีที่เกษตรกรนิยมหลายวิธี ดังนี้

1) การปล่อยทิ้งฟางข้าวไว้ในทุ่งนาพื้นที่ปลูกข้าวนาปี โดยปล่อยฟางทิ้งไว้ในทุ่งนาให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ ปัจจุบันเลือกใช้วิธีการดังกล่าว โดยเฉพาะในพื้นที่ทำนาปีที่มีการปลูกข้าวเพียงครั้งเดียว เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่าย เสียค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้แรงงานและเวลาในการจัดการน้อย

2) การเผาฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังต่อไป โดยมีค่าใช้จ่ายเพียงเล็กน้อยแต่การเผาฟางข้าวส่งผลให้ทำลายสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในดิน โครงสร้างของดินถูกทำลาย ดินสูญเสียธาตุอาหาร

3) การใช้ฟางข้าวเป็นพลังงานทดแทน เนื่องจากฟางข้าวมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ด้วยการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลของหม้อต้มน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมหรือนำไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า เป็นการเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจของฟางข้าวให้สูงขึ้นและนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานฟอสซิล

4) การทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว เป็นการนำฟางข้าวหมักร่วมกับมูลสัตว์ปุ๋ยเคมีหรือจุลินทรีย์ ฟางข้าวจะเปลี่ยนสภาพจากเดิมเป็นผงเปื่อยยุ่ย ในการปฏิบัติต้องใช้ทั้ง ค่าใช้จ่าย เวลาและแรงงานในการจัดการ นอกจากนั้นเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจ อย่างไรก็ตามการหมักจะทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชเพิ่มสูงขึ้น สามารถนำมาใช้ได้ง่าย เนื่องจากฟางข้าวจะมีขนาดเล็กลง

2.3 การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) (ณัฐฐา, 2562)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากที่ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน และมีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแหไมเซลล์ (Micelles) จัดเรียงตัวในลักษณะนี้ส่งผลให้เม็ดแป้งละลายได้ยากในน้ำเย็น ดังนั้นเมื่อแป้งอยู่ในน้ำเย็นจะสามารถดูดซึมน้ำและบวมน้ำได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้งจะส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนจะอ่อนแอลงทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำแล้วเกิดการบวมน้ำ ส่วนผสมของน้ำกับแป้งจะมีความหนืดและมีความใสมากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลอิสระของน้ำที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งน้อยลงส่งผลให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืดปรากฏการณ์นี้เรียกว่าอุณหภูมิเริ่มเกิดการเจลาติไนเซชัน เมื่อใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัดความหนืดมักจะเรียกจุดนี้ว่าอุณหภูมิที่ทำให้เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting temperature) หรือเวลาที่ทำให้เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting time) ซึ่งในเม็ดแป้งที่ต่างชนิดกันจะมีค่าต่างกัน

2.4 แป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch) (ณัฐฐา, 2562)

แป้งมันสำปะหลังมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแป้งทาปิโอกา (Tapioca starch) หรือแป้งแมนิออก (Manioc starch) แป้งมันสำปะหลังถูกผลิตมาจากส่วนรากของต้นมันสำปะหลังกำลังการผลิตของแป้งมัน

สำปะหลังทั่วโลกมีประมาณ 1 ล้านตัน และผลิตได้มากในประเทศไทย บราซิลฟิลิปปินส์ ไนจีเรีย มาเลเซีย และแองโกลา ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและกาว มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว ลักษณะเด่นคือมีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งเจือปนต่ำ โดยจะมีปริมาณแป้งอยู่มากถึงร้อยละ 95 มีปริมาณโปรตีนและไขมันค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 1) มีฟอสฟอรัสน้อยกว่าร้อยละ 0.04 ลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีรูปร่างเป็นเม็ดกลมหรือรูปไข่ อาจจะมีรอยบุ๋มที่ปลายด้านหนึ่งของเม็ดแป้งเม็ดแป้งส่วนใหญ่จะมีขนาดปานกลางคืออยู่ในช่วง 3 ถึง 40 ไมครอนแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีสมบัติบางประการไม่คงตัว เช่น เมื่อได้รับความร้อนจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง แต่ความหนืดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับแรงเฉือนและความร้อนอย่างต่อเนื่อง ทำให้การนำแป้งมันสำปะหลังจากธรรมชาติมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีข้อจำกัด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ และคณะ (2564) การพัฒนาการผลิตแผ่นอัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตของใช้สอยสำหรับผู้สูงอายุ ได้แบ่งเป็นวัตถุประสงค์การหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว กาบมะพร้าว ซังข้าวโพด และหญ้าแฝกเพื่อผลิตของใช้สอยสำหรับผู้สูงอายุได้แก่ เก้าอี้พักผ่อน ตู้แขวนเก็บของ ไม้เท้าพยุงตัว กล่องเก็บยา ชั้นวางของ จากวัสดุอัดเหลือทิ้งทางการเกษตร แล้วนำไปประเมินความพึงพอใจด้านรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสัมภาษณ์ในการศึกษาลักษณะแนวความคิดด้านลักษณะทางกายภาพของผู้สูงอายุและข้อจำกัดทางด้านร่างกายและแบบประเมินความพึงพอใจด้านรูปแบบประเมินโดยนักออกแบบ จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเชิงกล เช่น ความหนาแน่น ความชื้นความพองตัว แรงดัดมอดูลัสยืดหยุ่น และ แรงดึง ของชิ้นวัสดุอัด ทั้งสัดส่วนผสม 4 สูตร จะพบว่าสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 เหมาะที่จะนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งสูตรที่ 1 มีผลการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่เหมาะสมมากกว่าสูตรที่ 2 ในเรื่องทางด้านแรงดัด ซึ่งเป็นสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของใช้สอยสำหรับผู้สูงอายุ ในผลการประเมินความพึงพอใจรูปแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่านพบว่าระดับความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

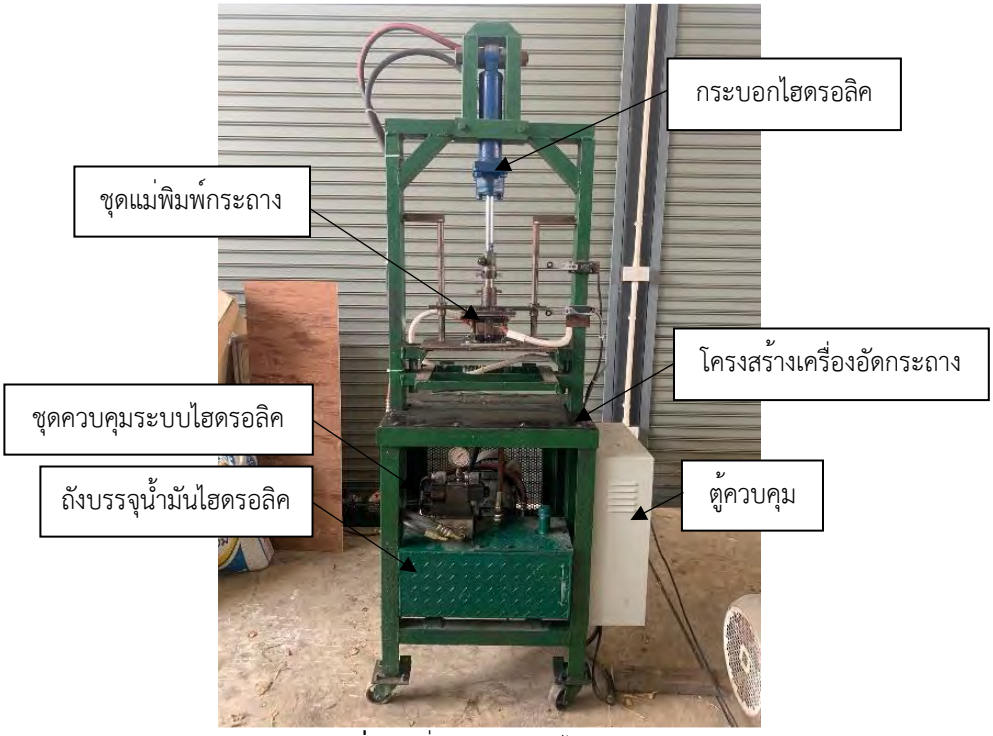
กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ และคณะ (2567) การผลิตกระถางต้นไม้ย่อยสลายจากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง โดยศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้ย่อยสลาย และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ ปุ๋ยหมักกากขี้แป้งที่ใช้ในการศึกษานี้ทำโดยหมักกากขี้แป้งที่ได้จากโรงงานน้ำยางข้นกับมูลวัวเป็นเวลา 50 วัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดทดลองที่มีส่วนผสมของปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินลำดวน : ดินร่วน ที่แตกต่างกัน คือ 100:0:0, 75:20:5, 50:40:10 และ 25:60:15 โดยน้ำหนัก กาวแป้งเปียกที่ใช้ประสานในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1:10 สมบัติของกระถางต้นไม้ย่อยสลายที่พิจารณา ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ การดูดซับน้ำ การพองตัว ความพรุน และการเสื่อมสภาพ ผลการศึกษาพบว่ากระถางต้นไม้ย่อยสลายที่มีค่าการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัว ค่าความพรุน สูง

ที่สุด และมีการเสื่อมสภาพช้าที่สุด คือ กระถางที่มีอัตราส่วนของปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินลำดวน : ดินร่วน ที่เท่ากับ 25:60:15 ในการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจ พบว่าผลตอบแทนจากการลงทุนในการผลิตกระถางต้นไม้ย่อยสลาย เท่ากับ 65.84 และมีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 7.94 บาท/ใบ การศึกษานี้เสนอแนวทางที่นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากขี้แป้งแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม และลดค่าใช้จ่ายในกำจัดของเสียด้วย

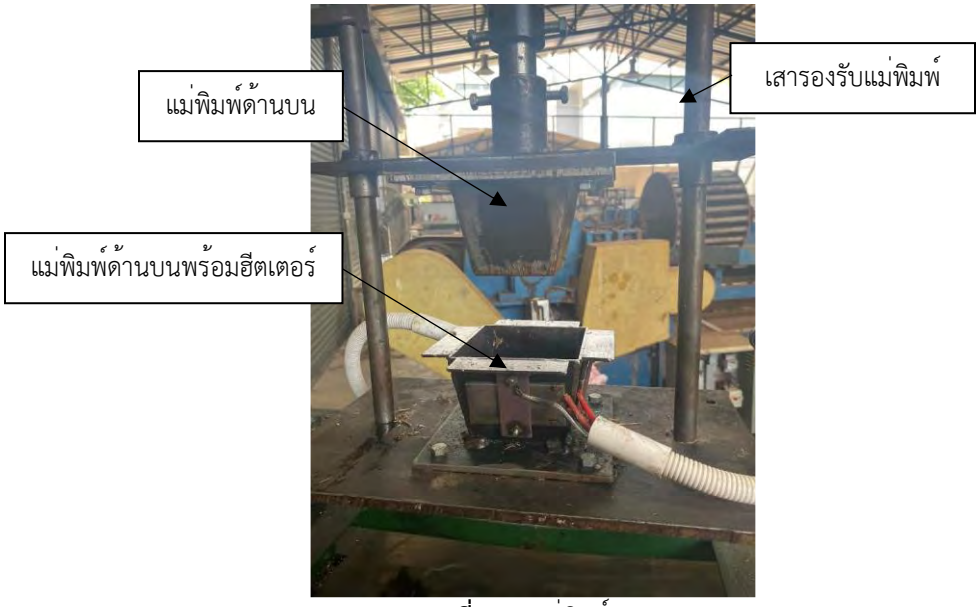
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองอัดขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกจากฟางข้าวด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค

ทำการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกจากฟางข้าวเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางดังรูปที่ 1 โดยทำการอัดด้วยแรงดัน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปต่อครั้งนาน 4 นาที ใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 170,190, 210 องศาเซลเซียส โดยติดตั้งฮีตเตอร์แผ่นขนาด 150 วัตต์ จำนวน 4 แผ่น ไว้ที่แม่พิมพ์ส่วนด้านล่างดังรูปที่ 2 อัตราส่วนผสมฟางข้าวต่อแป้งต่อน้ำที่ 3 ระดับ ได้แก่ 30:30:80, 35:30:80 และ 40:30:80 กรัม ดังตารางที่ 1 ทำการทดสอบอัดขึ้นรูปกระถาง เป็นจำนวน 3 กระถางต่อทรีทเมนต์ (3 ซ้ำการทดลอง)



รูปที่ 1 เครื่องอัดกระถางไฮดรอลิค



รูปที่ 2 ชุดแม่พิมพ์กระถาง

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกจากฟางข้าว

ปัจจัย	ระดับ	รายละเอียด		
อัตราส่วนผสม	3	30:30:80 กรัม	35:30:80	40:30:80
อุณหภูมิที่ใช้	3	170 °C	190 °C	210 °C
เวลาที่ใช้ในการกดอัด	4 นาที/ครั้ง			
แรงกดอัด	200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว			

3.2 ทดสอบการคงสภาพของวัสดุทดลอง

กระถางที่ผ่านการขึ้นรูปในการศึกษานี้ จะถูกทดสอบการคงสภาพจากการใช้งาน โดยการบรรจุดินปลูกและปลูกข้าวโพดจากการเพาะเมล็ด เพื่อสังเกตการณ์คงสภาพของกระถางเป็นเวลา 3 สัปดาห์ เช่น การเสียรูปหรือความเปื่อยยุ่ยจากการสัมผัสในแต่ละวัน ในช่วงทำการเพาะปลูกนั้นจะทำการรดน้ำในปริมาณที่เท่ากันและนำกระถางปลูกวางในสภาพสิ่งแวดล้อมที่มีแสงแดดส่องถึง

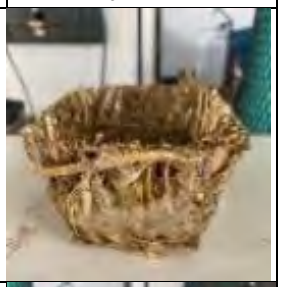
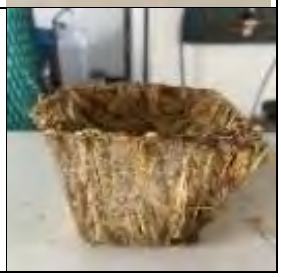
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลของอัตราส่วนผสมต่อการขึ้นรูป

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบการขึ้นรูปกระถางเพาะปลูกจากฟางข้าวด้วยเครื่องอัดกระถาง โดยมี 2 ปัจจัยที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ 1) อัตราส่วนฟางข้าว : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ จำนวน 3 ระดับ คือ 30:30:80, 35:30:80 และ 40:30:80 กรัม และ 2) อุณหภูมิที่ใช้ในการอัด จำนวน 3 ระดับ คือ 170, 190 และ 210 องศาเซลเซียส แต่ละทรีทเมนต์ใช้แรงกดอัดและเวลาที่กดค้างไว้เท่ากัน คือ 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและใช้เวลา 4 นาที ตามลำดับ (ดังตารางที่ 1)

ผลการทดลองพบว่า ทั้งสามอัตราส่วนไม่มีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปกระถาง แต่อุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปกระถางอย่างเห็นได้ชัดเจน (ตารางที่ 2) โดยการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ความสามารถในการขึ้นรูปดีขึ้น โดยสังเกตได้จากกระถางที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิสูงจะมีรูปร่างตามที่ต้องการ โดยมีขนาด 107x77x84 มิลลิเมตร อุณหภูมิที่ 190 และ 210 องศาเซลเซียส สามารถนำมาใช้ในการอัดขึ้นรูปกระถาง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐฐา (2562) ซึ่งรายงานว่า ใช้อุณหภูมิสูงถึง 190 องศาเซลเซียส ในการอัดขึ้นรูปแผ่นชิ้นไม้อัด ซึ่งเป็นวัสดุผสมแบบแห้ง และกึ่งแห้ง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิสูงกระตุ้นให้ลิกนินในฟางข้าวเกิดการคลายตัวและจัดเรียงใหม่ ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของกระถาง โดยจากผลการศึกษาของ Machmudah et al. (2015) รายงานว่า อุณภูมิสูงระหว่าง 170 องศาเซลเซียส และ 230 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ลิกนินในฟางข้าวเกิดการอ่อนตัวและจัดเรียงตัวใหม่

ตารางที่ 2 ผลการขึ้นรูปกระถางจากฟางข้าวที่อัตราส่วนผสมและอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	อัตราส่วนผสม	ลักษณะจากการสังเกต	รูปภาพ
170 °C	30:30:80	ชิ้นงานไม่ครบถ้วน มีรูพรุน	
	35:30:80	รูปทรงไม่ตรงมีขอบเอียง	

	40:30:80	ขึ้นรูปได้แต่มีขอบเอียง	
190 °C	30:30:80	ชิ้นงานไม่ครบถ้วน มีรูพรุน	
	35:30:80	ขึ้นรูปได้แต่มีขอบเอียง	
	40:30:80	ขึ้นรูปได้แต่มีรูพรุน	
	30:30:80	ขึ้นรูปได้และมีรูพรุนเล็กน้อย	

210 °C	35:30:80	ขึ้นรูปได้ดีและผิวเรียบ	
	40:30:80	ขึ้นรูปได้ดีและผิวเรียบ	

4.2 ผลการทดสอบการคงสภาพจากการใช้งาน

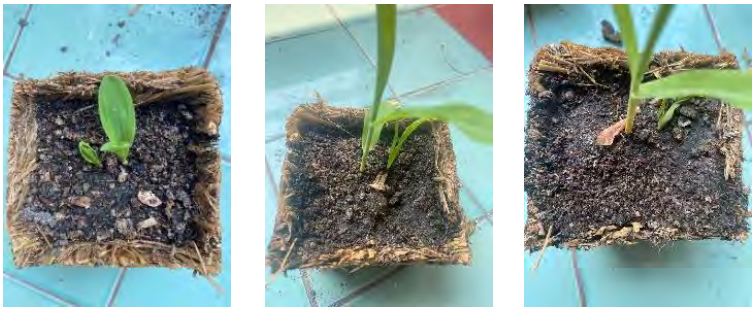
ภายหลังนำกระถางที่ผ่านการขึ้นรูปในการศึกษานี้มาทดสอบการคงสภาพจากการใช้งาน โดยการบรรจุดินปลูกและปลูกข้าวโพดจากการเพาะเมล็ด เพื่อสังเกตการณ์คงสภาพของกระถางเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า กระถางที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ทั้งสามอัตราส่วนผสมเริ่มเกิดการคงสภาพหลังจากสัปดาห์ที่ 2 แตกต่างจากกระถางที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และ 210 องศาเซลเซียส ซึ่งเริ่มเกิดการคงสภาพในสัปดาห์ที่ 3 ในทั้งสามอัตราส่วน ดังรูปที่ 3 - 5


สัปดาห์ที่ 1


สัปดาห์ที่ 2


สัปดาห์ที่ 3

รูปที่ 3 การทดสอบการคงสภาพด้วยการปลูกพืชของกระถางที่ขึ้นด้วยอุณหภูมิ 170 °C และอัตราส่วนผสม 40:30:80



สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3

รูปที่ 4 การทดสอบการคงสภาพด้วยการปลูกพืชของกระถางที่ขึ้นด้วยอุณหภูมิ 190 °C และอัตราส่วนผสม 40:30:80



สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3

รูปที่ 5 การทดสอบการคงสภาพด้วยการปลูกพืชของกระถางที่ขึ้นด้วยอุณหภูมิ 210 °C และอัตราส่วนผสม 40:30:80

5. สรุปและอภิปรายผล

การอัดขึ้นรูปฟางข้าวเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการนำไปใช้แทนภาชนะสำหรับการเพาะปลูกพืช และสามารถนำพืชไปเพาะปลูกในดินต่อได้ในดินโดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนภาชนะ วิธีการนี้สามารถเพิ่มมูลค่าในกับฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร อีกทั้งเป็นวิธีการจัดการขยะจากการเกษตรกรรมซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย จากการทดลองพบว่า การนำฟางข้าวผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 30:30:80, 35:30:80 และ 40:30:80 กดอัดด้วยเครื่องอัดกระถางที่แรงกด 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและใช้กดอัดเป็นเวลา 4 นาทีต่อครั้ง ที่อุณหภูมิสูงกว่า 190 องศาเซลเซียส สามารถขึ้นรูปกระถางที่สามารถคงสภาพได้เป็นเวลานานกว่า 3 สัปดาห์จากการทดลองการปลูกข้าวโพดจากเมล็ด

6. กิตติกรรมประกาศ

-

7. เอกสารอ้างอิง

กานต์ วิรุณพันธ์, เกียรติชัย แซ่เท้า, ศุภวิชญ์ กวินจรณชัย, พวงทอง ทาเอื้อ และสุรัสวดี ปลิโพธ. (2567). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้ชีวภาพจากเศษเหง้ามันสำปะหลังและชานอ้อย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 44 (1), 1-9.*

ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์. (2564*).* การพัฒนาการผลิตแผ่นอัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตของใช้สอยสำหรับผู้สูงอายุ.การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5.(น.86-92). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์, ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น, ระริน เครือวรพันธุ์, อุไรวรรณ สุกยัง, และเตือนใจ ปิยัง (2567). การผลิตกระถางต้นไม้ย่อยสลายจากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี,*26(1),1-12.
สืบค้นจาก https://li01.tci-thaijo.org/index.php/sci_ubu

เตือนใจ ปิยัง * วรรณวิภา ไชยชาญ และ กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์. (2561). การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 10 (3), 497-511.

ณัฐฐา กล้าณรงค์. (2562). *การเตรียมแป้งมันสำปะหลังออกซิไดซ์ด้วยกระบวนการพลาสมาวัฏภาคของเหลวสำหรับใช้งานด้านฟิล์มห่อหุ้มอาหารที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ* (วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร. สืบค้นจาก https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1543/3/60063852.pdf

Machmudah, S., Wahyudiono, Kanda, H., Sasaki, M. and Goto, M. (2015). Hot Compressed Water Extraction of Lignin by Using a Flow-Through Reactor. *Engineering Journal*, 19(4), 25-44. doi: 10.4186/ej.2015.19.4

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทานนามจากศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ 5 สายพันธุ์

เอกพงษ์ หลักแต่ง[1*] อภิชาติ ชิดบุรี[1] ชิติ ศรีตนทิพย์[1] ชัยวัฒน์ พงศ์สุขุมาลกุล[1] ศิริชัย แซ่ท้าว[1]

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
202 หมู่ที่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

* Ekapong@rmutl.ac.th, 062-569-9526

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้รับพระราชทานนามจากศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนา มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 มะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 มะเขือเปราะเพชรล้านนา และถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ปี จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้านการงอก ความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก และการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันตามชนิดและสายพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนาและมะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 สามารถคงคุณภาพการงอกได้ดีตลอดระยะเวลา 3 ปี โดยมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติอยู่ระหว่าง 94.00–98.50 ขณะที่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 มะเขือเปราะเพชรล้านนาและถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย มีแนวโน้มคุณภาพและความแข็งแรงลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะในปีที่ 3 โดยมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติลดลงจากปีที่ 1 ไปปีที่ 3 จากร้อยละ 99.50 เหลือ 77.50 ในมะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 จากร้อยละ 86.00 เหลือ 24.00 ในมะเขือเปราะเพชรล้านนา และจากร้อยละ 100.00 เหลือ 90.50 ในถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย ตามลำดับ ดังนั้นควรนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 และมะเขือเปราะเพชรล้านนาไปใช้หรือหมุนเวียนภายใน 1 ปี และถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อยภายใน 2 ปี ขณะที่ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนาและมะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 3 ปี ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาและวางแผนบริหารจัดการคลังเมล็ดพันธุ์ เพื่อคงคุณภาพเมล็ดพันธุ์สำหรับการผลิตและการกระจายพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ เมล็ดพันธุ์, การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์, คุณภาพเมล็ดพันธุ์, ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์, ความงอกของเมล็ดพันธุ์

Effects of Storage Duration on Seed Germination and Vigor of Five Royal-Named Plant Varieties from the Chakraband Pensiri Plant Development Center

Ekapong Laktang[1*], Aphichat Chidburee[1], Chiti Sritontip[1], Chaiwat Pongsukhumalkul[1], and Sirichai Saethao[1]

[1]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 202 Phichai Subdistrict Mueang Lampang District Lampang Province, 52000

*Ekapong@rmutl.ac.th, 062-569-9526

Abstract

This research aimed to investigate the effects of storage duration on the seed quality of five plant varieties royally named by the Chakrabandh Pensiri Plant Development Center, including Chinese cabbage 'Phak Kat Kwang Tung Lueang Lanna', tomato 'Chakraband 1', tomato 'Chakraband 2', eggplant 'Phet Lanna', and yardlong bean 'Lanna Chuan Aroi'. A completely randomized design (CRD) with four replications (50 seeds per replication) was employed. The seeds were stored in a controlled room at 15–20°C with 60% relative humidity for 1, 2, and 3 years. Seed quality parameters evaluated included germination percentage, germination index, mean germination time, and seedling growth. The results indicated that storage duration significantly affected seed quality, varying by crop species and variety. Chinese cabbage 'Phak Kat Kwang Tung Lueang Lanna' and tomato 'Chakraband 2' maintained high germination quality throughout the 3-year period, with normal seedling germination ranging between 94.00% and 98.50%. Conversely, the quality and vigor of tomato 'Chakraband 1', eggplant 'Phet Lanna', and yardlong bean 'Lanna Chuan Aroi' tended to decline over time, particularly in the third year. Specifically, from year 1 to year 3, the normal seedling germination percentage dropped from 99.50% to 77.50% for tomato Chakraband 1, from 86.00% to 24.00% for eggplant 'Phet Lanna', and from 100.00% to 90.50% for yardlong bean 'Lanna Chuan Aroi'. Therefore, it is recommended that tomato 'Chakraband 1' and eggplant 'Phet Lanna' seeds be utilized or rotated within 1 year and yardlong bean 'Lanna Chuan Aroi' within 2 years. Meanwhile, Chinese cabbage 'Phak Kat Kwang Tung Lueang Lanna' and tomato 'Chakraband 2' seeds can be safely stored for at least three years. These findings serve as baseline data for determining optimal storage periods and planning seed inventory management to maintain seed quality for future production and distribution.

Keywords: Seed, Seed storage, Seed quality, Seed viability, Seed germination

1. บทนำ

เมล็ดพันธุ์พืชเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญที่สุดในระบบการทำเกษตร การรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีความงอกและความแข็งแรงสูงจนถึงมือเกษตรกรจึงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดกระบวนการเสื่อมสภาพ (Seed Deterioration) ตามธรรมชาติหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้ความสามารถในการงอกลดลง ต้นกล้าอ่อนแอ และไม่พร้อมเพรียงกัน (Rajesh et al., 2025) การลดอัตราการเสื่อมสภาพทำได้โดยการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยชะลอกระบวนการหายใจและกิจกรรมทางชีวเคมีภายในเมล็ด ทำให้สามารถรักษาความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนานขึ้น (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2548) ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงและผลิตเมล็ดพันธุ์พืชที่มีความต้านทานต่อโรคและศัตรูพืช เพื่อแจกจ่ายเป็นเมล็ดพันธุ์พระราชทานแก่ราษฎรในพื้นที่ประสบภัยและเกษตรกรทั่วไป พืชพระราชทานนามทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ กวางตุ้งเหลืองล้านนา มะเขือเทศจักรพันธ์ 1 มะเขือเทศจักรพันธ์ 2 มะเขือเปราะเพชรล้านนา และถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย จัดเป็นพืชผักเศรษฐกิจพื้นบ้านที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นที่ต้องการของเกษตรกร แม้จะมีการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ย่อมส่งผลกระทบต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันตามพันธุกรรมของพืชแต่ละชนิด พืชตระกูลมะเขือและพืชตระกูลถั่วมีโครงสร้างเมล็ดและปริมาณองค์ประกอบทางเคมี เช่น โปรตีนและไขมันที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ความทนทานต่อการเก็บรักษาระยะยาวแตกต่างกันไปด้วย (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2548) ในปัจจุบันยังมีข้อมูลเชิงตัวเลขที่จำกัดเกี่ยวกับการประเมินดัชนีความแข็งแรงและอัตราการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์พระราชทานนามกลุ่มนี้ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิในระยะยาว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทานนามทั้ง 5 สายพันธุ์ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการกำหนดแนวทางการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม และช่วยในการวางแผนบริหารจัดการคลังเมล็ดพันธุ์ของศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ เพื่อให้มั่นใจว่าเมล็ดพันธุ์ที่ส่งมอบให้แก่เกษตรกรยังคงคุณภาพสูงสุดและมีความพร้อมในการเพาะปลูกอย่างมีประสิทธิภาพ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยวจะเกิดกระบวนการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งกระบวนการนี้จะส่งผลให้ความแข็งแรงและความงอกลดลงตามลำดับ (บัณฑิต โพธิ์น้อย, 2545) โดยกระบวนการดังกล่าวเริ่มจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและระดับเซลล์ เช่น การเกิดอนุมูลอิสระที่เข้าไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ การสลายตัวของสารอาหารสะสม และการสูญเสียความสมบูรณ์ของสารพันธุกรรม ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของกระบวนการเมแทบอลิซึมที่จำเป็นต่อการงอก (McDonald, 1999) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเริ่มส่งผลให้ความแข็งแรงและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง รวมทั้งใช้เวลาในการงอกนานขึ้น ก่อนที่จะส่งผลให้ความสามารถในการงอกลดลงในระยะต่อมา (Dadlani & Yadava, 2023)

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยอุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการหายใจและชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ภายในเมล็ด จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ (Harrington, 1972; วันชัย, 2553) อย่างไรก็ตาม การควบคุมอุณหภูมิสามารถชะลอ

การเสื่อมสภาพได้ แต่ไม่สามารถหยุดกระบวนการเสื่อมสภาพได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น ระยะเวลาการเก็บรักษาจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ แม้จะเก็บรักษาภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมก็ตาม นอกจากนี้ การตอบสนองต่อระยะเวลาการเก็บรักษายังอาจแตกต่างกันระหว่างชนิดและสายพันธุ์ของพืช เนื่องจากเกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรม องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางสรีรวิทยาแตกต่างกันอาจมีความไวต่อการเสื่อมสภาพไม่เท่ากัน ทั้งนี้ พืชตระกูลถั่ว (Fabaceae) ที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสะสมในเมล็ดสูง มักเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ง่ายกว่า ส่งผลให้เสื่อมสภาพเร็วกว่าพืชบางชนิดในตระกูลมะเขือ (Solanaceae) และตระกูลกวางตุ้ง (Brassicaceae) เมื่อเก็บรักษาภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน (Walters et al., 2005) ดังนั้น แม้เมล็ดพันธุ์จะถูกเก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิเดียวกัน แต่ความสามารถในการรักษาความมีชีวิตและความแข็งแรงอาจแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดพืชและระหว่างสายพันธุ์

จากความรู้ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การกำหนดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไม่ควรพิจารณาจากชนิดพืชหรือสภาพการเก็บรักษาเพียงอย่างเดียว แต่ควรอาศัยข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แต่ละสายพันธุ์ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทานจากโครงการศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาหลายปียังมีจำกัด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2 และ 3 ปี ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทาน 5 สายพันธุ์ โดยประเมินทั้งความงอกและลักษณะที่สะท้อนความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับการผลิต และกระจายเมล็ดพันธุ์ต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้รับพระราชทานนาม จากโครงการศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ มี 5 สายพันธุ์ ได้แก่ กวางตุ้งเหลืองล้านนา มะเขือเทศจักรพันธ์ 1 มะเขือเทศจักรพันธ์ 2 มะเขือเปราะเพชรล้านนา และถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย ที่เก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส และความชื้นร้อยละ 60

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยกรรมวิธี คือ ปีที่เก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันจนถึงวันทดสอบ (31 มกราคม 2569) จำนวน 3 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1: เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตปี พ.ศ. 2568 (ระยะเวลาการเก็บรักษาประมาณ 1 ปี)

กรรมวิธีที่ 2: เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตปี พ.ศ. 2567 (ระยะเวลาการเก็บรักษาประมาณ 2 ปี)

กรรมวิธีที่ 3: เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตปี พ.ศ. 2566 (ระยะเวลาการเก็บรักษาประมาณ 3 ปี)

ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยการเพาะเมล็ดแต่ละชนิด ด้วยวิธีต่างกันดังนี้ เมล็ดพืชขนาดเล็กได้แก่ กวางตุ้ง มะเขือเทศ และมะเขือเปราะเพาะเมล็ดด้วยวิธีมาตรฐานแบบ Top of Paper ส่วนถั่วฝักยาวเพาะด้วยวิธีมาตรฐานแบบ Between Paper บันทึกข้อมูลดังนี้

1. ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติและต้นอ่อนผิดปกติ โดยนับต้นอ่อนปกติและต้นอ่อนที่ผิดปกติที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด และคำนวณเป็นร้อยละ

2. ดัชนีความเร็วในการงอก (Germination Index: GI) โดยนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่งอกตั้งแต่เริ่มเพาะ (first count) จนถึงวันสุดท้าย (final count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามหลักสากล (ISTA, 2018) ตามสูตร Germination Index (GI) = $\sum$(Ni/Di) โดยที่ Ni = จำนวนต้นอ่อนปกติ ณ วันที่นับ, Di = วันที่นับ

3. เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (Mean Germination Time: MGT) ตามสูตร Mean Germination Time (MGT) = $\sum(N_i \times D_i)/ \sum N_i)$ โดยที่ Ni = จำนวนต้นอ่อนปกติ ณ วันที่นับ, Di = วันที่นับ

4. ความสูงของลำต้นและความยาวราก (เซนติเมตร) ดำเนินการเมื่ออายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด โดยสุ่มต้นกล้าซ้ำละ 10 ต้นจากต้นกล้าปกติภายหลังการประเมินความงอก จากนั้นวัดความสูงของลำต้นและความยาวรากด้วยไม้บรรทัดที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ความสูงของลำต้นวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดและรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น ส่วนความยาวรากวัดจากโคนต้นถึงปลายรากที่ยาวที่สุดและรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยความยาวราก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่นัยสำคัญ 0.05

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทานจากโครงการศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ ทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้ผลดังนี้

เมล็ดพันธุ์ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนา พบว่าร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก และความสูงของลำต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความยาวราก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี มีความยาวรากมากที่สุดเฉลี่ย 1.68 เซนติเมตร ขณะที่เมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 ปี มีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 และ 1.19 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนาที่เก็บรักษาต่างกัน

อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์	ต้นปกติ (ร้อยละ)	ต้นผิดปกติ (ร้อยละ)	ดัชนีความเร็วในการงอก	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วัน)	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)	
1 ปี	94.00	6.00	23.46	2.01	1.61	1.51	ab[1/]
2 ปี	94.50	5.50	23.50	2.02	1.56	1.19	b
3 ปี	97.50	2.50	24.29	2.01	1.65	1.68	a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*	
C.V. (%)	2.57	19.76	3.04	1.57	6.53	16.83	

หมายเหตุ [1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยและสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 0.05

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 พบว่าทุกลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงของลำต้น และความยาวราก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดปี 2568 ที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี มีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติสูงที่สุด (ร้อยละ 99.50) รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี (ร้อยละ 88.00) และ 3 ปี (ร้อยละ 77.50) ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดที่เก็บเป็นเวลา 3 มีร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติสูงที่สุด (ร้อยละ 22.50) รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี (ร้อยละ 12.00) และ 1 ปี (ร้อยละ 0.50) ตามลำดับ ส่วนดัชนีความเร็วในการงอกพบว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี มีดัชนีความเร็วในการงอกสูงที่สุด (10.42) รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี (8.22) และ 3 ปี (6.96) ตามลำดับ และเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี ยังมีเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกน้อยที่สุดเท่ากับ 5.00 วัน ขณะที่เมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 3 ปี มีเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกเท่ากับ 5.61 วัน และ 5.85 วัน ตามลำดับ และความสูงของลำต้นพบว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี มีความสูงของลำต้นเท่ากับ 3.08 เซนติเมตร สูงกว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 3 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 และ 2.65 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่ความยาวรากพบว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี มีความยาวราก (4.03 เซนติเมตร) สูงกว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี (2.61 เซนติเมตร) แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี (3.01 เซนติเมตร) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 ที่เก็บรักษาต่างกัน

อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์	ต้นปกติ (ร้อยละ)	ต้นผิดปกติ (ร้อยละ)	ดัชนีความเร็วในการงอก	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วัน)	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)
1 ปี	99.50 a[1/]	0.50 c	10.42 a	5.00 b	3.08 a	2.61 b
2 ปี	88.00 b	12.00 b	8.22 b	5.61 a	2.74 b	4.03 a
3 ปี	77.50 c	22.50 a	6.96 c	5.85 a	2.65 b	3.01 ab
F-test	**	**	**	**	*	*
C.V. (%)	5.20	17.61	4.64	3.41	6.72	21.21

หมายเหตุ [1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

*, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยและสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 0.05 และ 0.01

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 พบว่าร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 2 และ 3 ปี มีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติสูงไม่ต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 98.50 95.00 และ 97.50 ตามลำดับ เช่นเดียวกับร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติที่มีค่าต่ำไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.50 5.00 และ 2.50 ตามลำดับ ขณะที่ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงของลำต้น และความยาวราก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี มีดัชนีความเร็วในการงอกสูงที่สุดเท่ากับ 8.15 และมีเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกน้อยที่สุด เท่ากับ 6.43 วัน ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี และ 2 ปี มีดัชนีความเร็วในการงอกเท่ากับ 6.97 และ 6.85 ตามลำดับ และมีเวลาเฉลี่ย

ที่ใช้ในการงอกเท่ากับ 7.51 และ 7.36 วันตามลำดับ ส่วนความสูงของลำต้นพบว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี และ 3 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 และ 3.85 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 เซนติเมตร ขณะที่ความยาวรากพบว่า เมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี และ 2 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.24 และ 5.60 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 ที่เก็บรักษาต่างกัน

อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์	ต้นปกติ (ร้อยละ)	ต้นผิดปกติ (ร้อยละ)	ดัชนีความเร็วในการงอก	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วัน)	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)
1 ปี	98.50	1.50	6.97 b[1/]	7.51 a	3.79 a	5.24 a
2 ปี	95.00	5.00	6.85 c	7.36 a	3.00 b	5.60 a
3 ปี	97.50	2.50	8.15 a	6.43 b	3.85 a	4.16 b
F-test	ns	ns	**	**	**	**
C.V. (%)	2.00	30.08	11.72	4.88	4.28	10.30

หมายเหตุ 1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 0.01

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมล็ดพันธุ์มะเขือเปราะเพชรล้านนา พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกและความสูงของลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 – 3 ปีมีเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกเฉลี่ยระหว่าง 7.75-7.99 วัน และมีความสูงเฉลี่ยระหว่าง 1.96 – 2.08 เซนติเมตร แต่ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก และความยาวราก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดปี 2568 ที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี มีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติสูงที่สุด (ร้อยละ 86.00) รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี (ร้อยละ 56.50) และ 3 ปี (ร้อยละ 24.00) ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี มีร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติสูงที่สุด (ร้อยละ 76.00) รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี (ร้อยละ 43.50) และ 1 ปี (ร้อยละ 14.00) ตามลำดับ ส่วนดัชนีความเร็วในการงอกพบว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี มีดัชนีความเร็วในการงอกสูงที่สุด (5.52) รองลงมาคือเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี (3.55) และ 3 ปี (1.56) ตามลำดับ ขณะที่ความยาวรากพบว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 ปี มีความยาวราก (3.02 เซนติเมตร) สูงกว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี (1.69 เซนติเมตร) และสูงกว่าเมล็ดที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี (1.59 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของเมล็ดพันธุ์มะเขือเปราะเพชรล้านนา ที่เก็บรักษาต่างกัน

อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์	ต้นปกติ (ร้อยละ)		ต้นผิดปกติ (ร้อยละ)		ดัชนีความเร็วในการงอก		เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วัน)	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)	
1 ปี	86.00	a[1/]	14.00	c	5.52	a	7.85	2.08	1.69	b
2 ปี	56.50	b	43.50	b	3.55	b	7.99	1.96	3.02	a
3 ปี	24.00	c	76.00	a	1.56	c	7.75	2.04	1.59	b
F-test	**		**		**		ns	ns	**	
C.V. (%)	11.57		14.43		11.15		3.75	5.63	16.52	

หมายเหตุ [1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 0.01

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย พบว่าลักษณะร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติ และดัชนีความเร็วในการงอก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 ปี มีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติสูงถึง ร้อยละ 99.00 และ ร้อยละ 100.00 ไม่ต่างกัน แต่สูงกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี ซึ่งมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติเท่ากับ ร้อยละ 90.50 ขณะเดียวกันเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 ปี ยังมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติต่ำเพียง ร้อยละ 1.00 และ ร้อยละ 0.00 ไม่ต่างกัน และต่ำกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี ซึ่งมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติเท่ากับ ร้อยละ 9.50 ขณะเดียวกันเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 ปี ยังมีดัชนีความเร็วในการงอกเท่ากับ 16.48 และ 16.67 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี ที่มีดัชนีความเร็วในการงอกเท่ากับ 15.08 ขณะที่ลักษณะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากไม่มีความแตกต่างกัน โดยเมล็ดที่เก็บรักษาทั้ง 3 ปี มีเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกอยู่ระหว่าง 3.00 – 3.01 วัน มีความสูงของลำต้นเฉลี่ยระหว่าง 5.78 – 5.89 เซนติเมตร และมีความยาวรากเฉลี่ยระหว่าง 12.62 – 13.49 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย ที่เก็บรักษาต่างกัน

อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์	ต้นปกติ (ร้อยละ)		ต้นผิดปกติ (ร้อยละ)		ดัชนีความเร็วในการงอก		เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วัน)	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)
1 ปี	99.00	a[1/]	1.00	b	16.48	a	3.01	5.78	12.62
2 ปี	100.00	a	0.00	b	16.67	a	3.00	5.89	13.49
3 ปี	90.50	b	9.50	a	15.08	b	3.00	5.81	13.22
F-test	**		**		**		ns	ns	ns
C.V. (%)	2.37		20.72		2.36		0.03	11.53	11.35

หมายเหตุ 1/ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 0.01

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชพระราชทานนามจากศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ ทั้ง 5 สายพันธุ์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนา ที่มีอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก และความสูงของลำต้น แต่มีความยาวรากต่างกัน โดยเมล็ดพันธุ์ปี 2566 ที่มีอายุการเก็บรักษา 3 ปี มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งการที่ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก และความสูงของลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างภายในเมล็ดมีการสะสมอาหารและรักษาความมีชีวิตเอาไว้ได้ดีตลอดช่วงการเก็บรักษา 1-3 ปี ส่งผลให้เมื่อได้รับปัจจัยที่เหมาะสม เมล็ดพันธุ์ในทุกอายุการเก็บรักษายังสามารถพัฒนาไปเป็นต้นกล้าปกติได้ไม่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Negal & Börner (2010) ที่พบว่าเมล็ดกะหล่ำปลีซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับผักกาดกวางตุ้งมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นไขมันสูงถึง ร้อยละ 37.9 สามารถเก็บรักษาได้นาน 11 ปี

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 พบว่าอายุการเก็บรักษา มีผลต่อการงอกและการเจริญของต้นกล้า โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีอายุเก็บรักษา 1 ปี มีคุณภาพดีที่สุด โดยมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติสูงที่สุด และมีต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุด เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อัตราการงอกของต้นอ่อนปกติจะลดลงอย่างต่อเนื่อง และอัตราการงอกของต้นอ่อนผิดปกติจะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ เมล็ดพันธุ์อายุ 1 ปี มีดัชนีความเร็วในการงอกสูงที่สุด และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด ขณะที่เมล็ดอายุ 2 และ 3 ปี มีความเร็วในการงอกลดลงและใช้เวลางอกนานขึ้นตามลำดับ เมล็ดอายุ 1 ปี ทำให้ต้นกล้ามีความสูงของลำต้นมากที่สุด และลดลงในเมล็ดอายุ 2 และ 3 ปีตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ด้านความยาวราก กลับพบว่าเมล็ดอายุ 2 ปี มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าเมล็ดอายุ 1 ปี อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดอายุ 3 ปี สอดคล้องกับการศึกษาของ Ray & Bordolui (2022) ที่รายงานว่าเมล็ดมะเขือเทศที่เก็บในห้องเย็นมีความงอกลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ซึ่งจากแนวโน้มการลดลงของร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก และความสูงของลำต้นของเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 – 3 ปี สอดคล้องกับกระบวนการ

เสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมล็ดพันธุ์ยังคงเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมในระดับต่ำ โดยเฉพาะการหายใจและปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้เกิดการสะสมของอนุมูลอิสระ ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีน เอนไซม์ และสารอาหารสะสมภายในเมล็ด ความเสียหายดังกล่าวส่งผลให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง ทำให้อัตราและความเร็วในการงอกลดลง ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตช้าลง และมีสัดส่วนของต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น (Jyoti & Malik, 2013; Dadlani & Yadava, 2023)

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 พบว่าอายุการเก็บรักษาไม่ส่งผลกระทบต่อร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ และร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ซึ่งเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 – 3 ปี มีความงอกที่ดีมาก แต่เมล็ดพันธุ์อายุ 3 ปี มีคุณภาพความแข็งแรงดีที่สุดในด้านความแข็งแรงของเมล็ด และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด ซึ่งการที่ร้อยละการงอกไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 มีความสามารถในการรักษาความมีชีวิตได้ดีตลอดระยะเวลา 3 ปี สอดคล้องกับคุณลักษณะของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศทั่วไปที่จัดเป็นพวก Orthodox seed ซึ่งทนทานต่อการลดความชื้นและสามารถเก็บรักษาความงอกได้ยาวนานหลายปีหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Walters et al., 2005)

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของมะเขือเทศระหว่างสายพันธุ์ พบว่าการงอกของเมล็ดพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยมะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 ที่มีผลทรงรี และเปลือกหนา สามารถรักษาความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ได้ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 ปี ในขณะที่มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 ที่มีผลทรงกลมและเปลือกบางมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างชัดเจน ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวสะท้อนถึงลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่ระยะการพัฒนาบนต้นแม่พันธุ์ (Demir & Ellis, 1992) ทั้งนี้ เปลือกผลที่หนากว่าในสายพันธุ์จักรพันธุ์ 2 ช่วยลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอกในระหว่างการพัฒนาของเมล็ด ทำให้เมล็ดมีการพัฒนาทางสรีรวิทยาและการสะสมสารอาหารเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้มีความแข็งแรงเริ่มต้นสูงกว่า และสามารถคงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 ที่มีเปลือกผลบาง

มะเขือเปราะเพชรล้านนา พบว่าอายุการเก็บรักษาที่ต่างกัน ส่งผลให้ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ ดัชนีความเร็วในการงอก และความยาวรากมีความแตกต่างกัน โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี มีร้อยละการงอกและดัชนีความเร็วในการงอกดีที่สุด แต่รากค่อนข้างสั้น ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี มีการเสื่อมสภาพรุนแรงที่สุด สอดคล้องกับ Nisha et al (2023) ที่พบว่าเมล็ดพันธุ์มะเขือม่วงที่เก็บเกี่ยวใหม่ มีคุณภาพที่ดีกว่า โดยมีอัตราการงอกสูงกว่า ต้นกล้ายาวกว่า และมีดัชนีความแข็งแรงที่มากขึ้น เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้นานกว่า 18 เดือน ที่คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เสื่อมลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และจากผลการทดลองพบว่า ร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติของเมล็ดพันธุ์ลดลงจากร้อยละ 86.00 ในปีที่ 1 เหลือร้อยละ 24.00 ในปีที่ 3 ขณะที่ร้อยละการงอกของต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 76.00 แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนถึงกระบวนการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งวันชัย จันทร์ประเสริฐ (2553) รายงานว่าเป็นลักษณะที่พบได้ในเมล็ดพืชวงศ์มะเขือ (Solanaceae) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมล็ดจะเกิดกระบวนการหายใจและปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำลายโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ และทำให้โครโมโซมในเนื้อเยื่อเจริญเกิดความผิดปกติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการแบ่งเซลล์และการเจริญของต้นอ่อน เมื่อเมล็ดเริ่มดูดน้ำเพื่อการงอก กระบวนการเมแทบอลิซึม

จึงไม่สามารถกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เมล็ดไม่สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้ และมีสัดส่วนของต้นอ่อนผิดปกติหรือไม่สามารถเจริญเติบโตต่อได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของสรยุตม์ ศรีทัศน์ (2564) ที่รายงานว่าเมล็ดพันธุ์มะเขือเปราะ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ปี มีเมล็ดเสื่อมคุณภาพ โดยมีเมล็ดตายจำนวนมาก เนื่องจากเมล็ดเหล่านี้มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นไขมัน ซึ่งการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันของไขมัน และเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจนเพิ่มขึ้น โดยจะไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ในเมล็ดเสียหาย ส่งผลให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพ และเมล็ดตาย

เมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย พบว่าอายุการเก็บรักษา ส่งผลต่อร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติ ร้อยละต้นอ่อนผิดปกติ และดัชนีความเร็วในการงอก โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 ปี มีคุณภาพและความแข็งแรงสูงสุด มีร้อยละต้นอ่อนผิดปกติต่ำมาก และมีดัชนีความเร็วในการงอกสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อยมีความสามารถในการคงสภาพความมีชีวิตและความแข็งแรงได้ดีในช่วง 2 ปีแรกของการเก็บรักษา เนื่องจากเมล็ดพืชตระกูลถั่ว จัดเป็นเมล็ดที่ทนทานต่อการลดความชื้นต่ำ หากกระบวนการเก็บเกี่ยวทำในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่สมบูรณ์ เมล็ดจะสะสมสารอาหารกลุ่มโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตไว้ในใบเลี้ยง ได้อย่างหนาแน่น ทำให้โครงสร้างภายในไม่ถูกทำลายจากเวลาที่ผ่านไปในช่วงแรก (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553) ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี เริ่มแสดงสัญญาณการเสื่อมสภาพ โดยมีร้อยละการงอกของต้นอ่อนปกติลดลง มีร้อยละต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มขึ้น และดัชนีความเร็วในการงอกลดลง เนื่องจากเมล็ดพืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่มักมีองค์ประกอบของไขมันและโปรตีนสูง เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะเกิดกระบวนการหายใจและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นำไปสู่การเกิดอนุมูลอิสระที่ทำลายระบบเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ทำให้อัตราความเร็วในการกระตุ้นเอนไซม์เพื่อดึงอาหารไปใช้ลดลง เมล็ดจึงงอกช้าลงและส่งผลให้เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายบางส่วนเสียหาย จนเจริญเติบโตกลายเป็นต้นอ่อนที่ผิดปกติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Mbofung et al., 2013) อย่างไรก็ตามแม้ความเร็วและร้อยละการงอกในเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 ปี จะลดลง แต่ต้นอ่อนปกติที่สามารถงอกออกมาพบว่ามีความสูงลำต้นและความยาวรากเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างจากเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 ปี แสดงว่ากระบวนการเสื่อมสภาพของเมล็ดถั่วฝักยาวเพิ่งจะเริ่มต้นในระยะแรก ซึ่งความเสียหายยังไม่ส่งผลกระทบถึงขั้นตอนการยืดตัวของเซลล์ในระยะหลังการงอก เมล็ดที่ยังคงความมีชีวิตและงอกออกมาเป็นต้นอ่อนปกติได้ จึงยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเอนไซม์เพียงพอที่จะขับเคลื่อนการเจริญเติบโตของลำต้นและรากให้มีขนาดใกล้เคียงกับเมล็ดใหม่ ประกอบกับถั่วฝักยาวเป็นพืชเมล็ดใหญ่ที่มีขนาดใบเลี้ยงหนา จึงมีข้อได้เปรียบในเรื่องของปริมาณแหล่งอาหารสำรอง ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าในระยะแรกได้

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันตามชนิดและสายพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนาและมะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 สามารถคงคุณภาพการงอกได้ดีตลอดระยะเวลา 3 ปี ขณะที่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 มะเขือเปราะเพชรล้านนา และถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อย มีแนวโน้มคุณภาพและความแข็งแรงลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะในปีที่ 3 ดังนั้นควรนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจักรพันธุ์ 1 และมะเขือเปราะเพชรล้านนาไปใช้หรือหมุนเวียนภายใน 1 ปี และถั่วฝักยาวล้านนาชวนอร่อยภายใน 2 ปี ขณะที่ผักกาดกวางตุ้งเหลืองล้านนาและมะเขือเทศจักรพันธุ์ 2 สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 3 ปี ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

ในการกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาและวางแผนบริหารจัดการคลังเมล็ดพันธุ์ เพื่อคงคุณภาพเมล็ดพันธุ์สำหรับการผลิตและการกระจายพันธุ์ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธุ์เพ็ญศิริ ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้สถานที่ในการทดสอบความงอก

7. เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต โพธิ์นอย. (2545). *คุณภาพเมล็ดไม้ และการพัฒนาแหล่งเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า*. เอกสารเผยแพรทางวิชาการสวนวนวัฒนวิจัย, สำนักวิชาการป่าไม, กรมป่าไม. สืบค้น 28 มิถุนายน 2569, จาก https://forprod.forest.go.th/forprod/Tips/Silvic-ebook/Seed%20Manual/.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. (2553). *สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรยุตม์ ศรีทัศน์. (2564). *ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ผักบางชนิด* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. (2548). *การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์*. สืบค้น 28 มิถุนายน 2569, จาก https://www.phtnet.org/2005/05/52/.

Dadlani, M., & Yadava, D. K. (2023). *Seed science and technology: biology, production, quality* (p. 430). Springer Nature.

Demir, I., & Ellis, R. H. (1992). Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. *Seed Science Research*, *2*(2), 81-87.

Harrington, J. F., & Kozlowski, T. T. (1972). Seed storage and longevity. *Seed biology*, *3*, 145-245.

Jyoti, J., & Malik, C. P. (2013). Seed deterioration: a review. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, *2*(3), 374-385.

Mbofung, G. C., Goggi, A. S., Leandro, L. F., & Mullen, R. E. (2013). Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soybean seeds. *Crop Science*, *53*(3), 1086-1095.

McDonald, M. B. (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology, 27*(1). 177-237.

Nisha, A. B., Singh, N., Singh, G., Akash, S., Kumar, M., & Kumar, A. (2023). Impact of different storage containers on seed quality parameters of eggplant (*Solanum melongena*) during storage. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *93*(9), 1032-1036.

Rajesh, J., Mrudhula, C., & Chandra, V. (2025). Quality seed and its importance in agriculture. *greenaria, 03*(06).

Ray, J., & Bordolui, S. K. (2022). Seed quality deterioration of tomato during storage: Effect of storing containers and condition. In *Biological Forum–An International Journal* (Vol. 14, No. 2, pp. 137-142).

Walters, C., Wheeler, L. M., & Grotenhuis, J. M. (2005). Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. *Seed Science Research*, *15*(1), 1-20.



ผลของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับ น้ำไมโคร-นาโนบับเบิลต่อการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

กฤษฎ์ เมฆลา[1*], เพียงพิมพ์ ชิดบุรี[1] และอภิชาติ ชิดบุรี[1,2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000
[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

[*]kridmekla@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลต่อการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ภายใต้สภาพการเพาะเลี้ยงปลอดเชื้อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD). ศึกษาความเข้มข้นคลอรีนไดออกไซด์ที่ 100, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คลอร็อกซ์ความเข้มข้นร้อยละ 10) ผลการทดลองพบว่า คลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล เป็นเวลา 15 นาที มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการปนเปื้อนของเมล็ด และมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 100 ไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อรา อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีดังกล่าวมีร้อยละการงอก คือ 53.30 ± 13.33 ที่ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม (80.00 ± 12.23) ทั้งนี้ในทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดสีน้ำตาลของเมล็ด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า คลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล เป็นเวลา 15 นาที มีศักยภาพสำหรับใช้ฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยง

คำสำคัญ คลอรีนไดออกไซด์, น้ำนาโนบับเบิล, มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

Effects of Chlorine Dioxide Combination with Micro-Nanobubble Water on Surface Sterilization of 'Holland' Papaya Seeds

Krid Mekla [1*], Piengpim Chidburee[1], and Aphichat Chidburee[1,2]

[1]Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Lampang 52000, Thailand

[2]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Rajamangala University of Technology Lanna. Lampang, 52000, Thailand.

[*]kridmekla@gmail.com

Abstract

.This study aimed to evaluate the efficacy of chlorine dioxide (ClO_2) combined with micro–nanobubble water for seed surface sterilization and its effects on the quality of 'Holland' papaya seeds under aseptic culture conditions. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD). Chlorine dioxide at concentrations of 100, 200, and 400 mg L^{-1} was combined with micro–nanobubble water and compared with the control treatment (10% Clorox solution). The results showed that treatment with 400 mg L^{-1} chlorine dioxide combined with micro–nanobubble water for 15 min was the most effective in reducing seed contamination, resulting in a 100% survival rate with no bacterial or fungal contamination detected. However, this treatment resulted in a germination percentage of 53.30 ± 13.33%, which was lower than that of the control treatment (80.00 ± 12.23%). No seed browning was observed in any treatment. These findings indicate that treatment with 400 mg L^{-1} chlorine dioxide combined with micro–nanobubble water for 15 min has potential for the surface sterilization of 'Holland' papaya seeds in tissue culture, particularly when minimizing microbial contamination during the initial culture stage is required.

Keywords: chlorine dioxide, nanobubble water, Holland papaya

1. บทนำ

มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ (*Carica papaya* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมปลูกเชิงการค้า เนื่องจากให้ผลผลิตคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของตลาด การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีการขยายพันธุ์ที่ช่วยผลิตต้นพันธุ์จำนวนมาก มีความสม่ำเสมอ และปลอดโรค อย่างไรก็ตาม การปนเปื้อนของเชื้อราและแบคทีเรียที่ติดมากับผิวเมล็ดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ดังนั้นการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดก่อนการเพาะเลี้ยงจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการลดการปนเปื้อนและเพิ่มอัตราการรอดของเมล็ด (Chen et al., 2022; Zhu et al., 2024) คลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide; ClO_2) เป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และสปอร์ของจุลินทรีย์ โดยมีสารตกค้างต่ำและได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้ด้านการเกษตรและการเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Zhang et al., 2023; Zhu et al., 2024) ขณะเดียวกัน เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลสามารถเพิ่มออกซิเจนละลายในน้ำ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมจุลินทรีย์ (Mamun & Islam, 2025) โดย ชิติ ศรีตนทิพย์ และคณะ (2565) รายงานว่า การใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวโพดและเมล่อนได้ดีกว่าการใช้น้ำปกติ ขณะที่ (Lin et al.,2025) พบว่าการใช้ไมโครบับเบิลร่วมกับคลอรีนไดออกไซด์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ *Salmonella Typhimurium* บนเมล็ดถั่วเขียว โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการงอกของเมล็ด แม้ว่าจะมีรายงานเกี่ยวกับการใช้คลอรีนไดออกไซด์และเทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลในการควบคุมจุลินทรีย์และส่งเสริมการงอกของเมล็ดพืช แต่การศึกษาการใช้ทั้งสองเทคโนโลยีร่วมกันเพื่อฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยังมีข้อมูลจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำนาโนบับเบิลต่อการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ โดยประเมินจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และการงอกของเมล็ด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาวิธีเตรียมเมล็ดในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. แนวคิดเกี่ยวกับคลอรีนไดออกไซด์

คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine dioxide; ClO_2) เป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา สปอร์ และไวรัส โดยออกฤทธิ์ผ่านการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีน และเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้เซลล์สูญเสียหน้าที่และตายในที่สุด นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในช่วง pH กว้าง และก่อให้เกิดสารตกค้างต่ำกว่าสารประกอบคลอรีนหลายชนิด จึงได้รับความนิยมในการฆ่าเชื้อในระบบน้ำอุตสาหกรรมอาหาร และงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Zhu et al., 2024) งานวิจัยของ (Cardoso &Teixeira da Silva ,2012) รายงานว่าคลอรีนไดออกไซด์สามารถใช้ฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยงและลดการปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ (Duan et al., 2019) พบว่าคลอรีนไดออกไซด์สามารถลดการปนเปื้อนของอาหารเพาะเลี้ยงมันฝรั่งได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญของต้นอ่อน สำหรับประเทศไทย (วุฒิชัย ศรีช่วย และสมปอง เตชะโต, 2557) รายงานว่าคลอรีนไดออกไซด์สามารถลดการปนเปื้อนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสับปะรดได้

อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วน (วรางคณา กาซัม และคณะ, 2563) พบว่าคลอรีนไดออกไซด์ช่วยลดการปนเปื้อนในการเพาะเลี้ยงไวท์อนูเบียสได้ดีกว่าวิธีมาตรฐาน

2.2. แนวคิดเกี่ยวกับนาโนบับเบิล

นาโนบับเบิลเป็นฟองก๊าซที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร มีความเสถียรในน้ำสูง สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และเมื่อฟองก๊าซสลายตัวอาจก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species; ROS) ซึ่งมีบทบาทในการยับยั้งจุลินทรีย์และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Mamun & Islam, 2025) โดย Oxygen Nanobubbles ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร ลดความเครียดจากสภาพแวดล้อม และส่งเสริมสุขภาพของพืชในระบบการผลิตสมัยใหม่ นอกจากนี้ ชิติ ศรีตนทิพย์ และคณะ (2565) รายงานว่า การใช้น้ำไมโคร/นาโนบับเบิลสามารถ กระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวโพดและเมล่อน ได้ดีกว่าการใช้น้ำปกติ ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของเทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลในการส่งเสริมการงอกของเมล็ดพืชและการเจริญเติบโตในระยะเริ่มต้น ขณะเดียวกัน (Lin et al.,2025) รายงานว่า การใช้ไมโครบับเบิลร่วมกับคลอรีนไดออกไซด์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อ *Salmonella Typhimurium* บนเมล็ดถั่วเขียว (*mung bean seeds*) ได้ดีกว่าการใช้สารฆ่าเชื้อเพียงอย่างเดียว โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการงอกของเมล็ด แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลร่วมกับสารฆ่าเชื้อมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ควบคู่กับการรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์

2.3.แนวคิดเกี่ยวกับกลไกการทำงานร่วมกันของคลอรีนไดออกไซด์และนาโนบับเบิลในเชิงสรีรวิทยาและจุลชีววิทยา

จากมุมมองทางจุลชีววิทยา การใช้คลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับนาโนบับเบิลก่อให้เกิดผลเสริมฤทธิ์ (synergistic effect) โดยนาโนบับเบิลช่วยเพิ่มการสัมผัสระหว่าง ClO_2 กับจุลินทรีย์ ทำให้สารฆ่าเชื้อเข้าถึงเซลล์ได้รวดเร็วและทั่วถึง ส่งผลให้การทำลายผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ โปรตีน และสารพันธุกรรมเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้คลอรีนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว (Chen et al., 2022; Lin et al., 2025) ในเชิงสรีรวิทยาของเมล็ดพืช การใช้คลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับนาโนบับเบิลในความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม สามารถกำจัดจุลินทรีย์บนพื้นผิวเมล็ดได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเอ็มบริโอหรือความสามารถในการงอกของเมล็ด เนื่องจาก ClO_2 ออกฤทธิ์หลักบริเวณผิวเมล็ด ขณะที่นาโนบับเบิลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ จึงช่วยลดการปนเปื้อนและรักษาความมีชีวิตของเมล็ดได้พร้อมกัน ซึ่งเป็นหลักการสำคัญที่สนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทั้งสองร่วมกันในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชและการผลิตต้นพันธุ์ปลอดเชื้อ (Zhang et al., 2023; Zhu et al., 2024)

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการฆ่าเชื้อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue Culture) เป็นเทคนิคการขยายพันธุ์พืชภายใต้สภาพปลอดเชื้อ (Aseptic condition) โดยอาศัยความสามารถของเซลล์พืชในการพัฒนาเป็นต้นใหม่ (Totipotency) หากอาหารเพาะเลี้ยงหรือชิ้นส่วนพืชเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียหรือเชื้อรา จะส่งผลให้การเจริญของเนื้อเยื่อลดลงหรือไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ (Zhang et al., 2023; Zhu et al., 2024) การฆ่าเชื้อผิวชิ้นส่วนพืชหรือ

เมล็ดก่อนการเพาะเลี้ยงจึงเป็นขั้นตอนสำคัญ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณผิววัสดุปลูก การเลือกสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพและไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อพืช จะช่วยลดการปนเปื้อนและเพิ่มอัตราการรอดของต้นอ่อน (Zhang et al., 2023)

เมล็ดมะละกอมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบริเวณผิวเมล็ดจากแหล่งปลูก การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Zhang et al., 2023) การฆ่าเชื้อผิวเมล็ดจึงต้องสามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำลายเอ็มบริโอหรือส่งผลกระทบต่อความสามารถในการงอกของเมล็ด (Zhu et al., 2024) จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการใช้คลอรีนไดออกไซด์สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดี ขณะที่นาโนบับเบิลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อและส่งเสริมการงอกของเมล็ด ดังนั้น การใช้ทั้งสองเทคโนโลยีร่วมกันจึงมีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอได้ แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าคลอรีนไดออกไซด์เป็นสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์บนผิวเมล็ด ขณะที่น้ำนาโนบับเบิลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์และส่งเสริมการงอกของเมล็ด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ คลอรีนไดออกไซด์ และ น้ำนาโนบับเบิล เป็นตัวแปรอิสระ เพื่อศึกษาผลต่อ การฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ ซึ่งประเมินจากอัตราการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และการงอกของเมล็ด อันจะนำไปสู่การพัฒนาวิธีการเตรียมเมล็ดสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมชิ้นส่วนพืชทดลอง

ทำการคัดเลือกเมล็ด ที่มีลักษณะสมบูรณ์ เช่น เมล็ดเต็ม ไม่ลีบ ไม่มีรอยช้ำหรือเชื้อรา และมีสีดำหรือน้ำตาลเข้มซึ่งบ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของเมล็ด (Hartmann et al, 2011) การทดสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดสามารถทำได้โดยวิธีแช่น้ำ โดยเมล็ดที่จมน้ำมักเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ในขณะที่เมล็ดลอยน้ำมักเป็นเมล็ดที่ฝ่อหรือไม่มีเอ็มบริโอ และ หลังจากนั้นคัดเฉพาะที่จม เพื่อนำไปใช้เตรียมดำเนินการต่อไป

3.2 การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ใช้อาหารสูตร (MS) ที่เติมน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 3 และวุ้น (gell gum) ร้อยละ 0.3 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.7 แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน ไอน้ำ เป็นเวลา 15 - 20 นาที จึงนำออกมาพักในอุณภูมิห้องปกติ

3.3 การเตรียมน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล

เตรียมน้ำกลั่นปริมาตร 2 ลิตร บรรจุน้ำกลั่นในขวดดูแลนขนาด 1 ลิตร หลังจากนั้น ทำการปั้มน้ำระยะเวลา 15 นาที เพื่อสร้างฟองอากาศด้วยเครื่องนาโน – บับเบิล (Micro - Nano Bubble) รุ่น KVM10 พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (มทร.ล้านนา) มีอัตราการไหลของน้ำ 1.7 ลิตรต่อนาที การไหลของฟองกาศ 0.5 ลิตรต่อนาที กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ อัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที ขนาดไมโครบับเบิล 40-50 ไมโครเมตร ความเข้มข้น 60,000 บับเบิลต่อมิลลิลิตร และนาโนบับเบิล ขนาด 200-1,000 นาโนเมตร ความเข้มข้น 108-1,011 บับเบิลต่อมิลลิลิตร (ชิติ ศรีตนทิพย์ และคณะ, 2565)

3.4 คุณสมบัติของน้ำที่ใช้สำหรับฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ ก่อน – หลัง ที่ผ่านเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล

การผ่านน้ำกลั่นด้วยเครื่องสร้างฟองอากาศไมโคร-นาโนบับเบิลเป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงจาก 7.56 เป็น 7.34 ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เพิ่มขึ้นจาก 21.7 เป็น 31.4 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และจาก 5.97 เป็น 6.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำที่ผ่านเครื่องสร้างฟองอากาศไมโคร-นาโนบับเบิล สำหรับการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

ลักษณะของน้ำ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (โมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)	ค่าออกซิเจนในของเหลว (DO) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
น้ำกลั่นก่อนผ่านเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล	7.56	21.7	5.97
น้ำกลั่นหลังผ่านเครื่องไมโคร-นาโนบับเบิล 15 นาที	7.34	31.4	6.02

3.5 วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำๆ (Replications) ละ 3 เมล็ด ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์ 100 มก./ล.ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล ที่ 15 นาที

กรรมวิธีที่ 2 ความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์ 200 มก./ล. ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล ที่ 15 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์ 400 มก./ล. ร่วมกับ น้ำไมโคร-นาโนบับเบิล ที่ 15 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ความเข้มข้นคลอร็อกซ์ร้อยละ 10 (ชุดควบคุม: control)

วิธีการ

1. นำเมล็ดมะละกอใส่ขวดที่บรรจุน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล ผสมร่วมกับปริมาณของความเข้มข้นคลอรีนไดออกไซด์ตามกรรมวิธี แล้วเขย่าเป็นเวลา 10 นาที

2. ขวดที่มีคลอร็อกซ์ 10% (ชุดควบคุม) ขวดละ 30 เมล็ด เขย่าเป็นเวลา 10 นาที

3. หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที

4. นำเมล็ดย้ายเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร (MS) แล้วนำไปวางไว้ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีอุณหภูมิ 24 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 60-70 ให้แสง 16 ชั่วโมง ที่ความเข้มแสง 50 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที

การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลเป็นเวลา 15 วัน บันทึกข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ (การรอดชีวิต) ร้อยละ (การงอกของเมล็ด) ร้อยละการปนเปื้อน (เชื้อราและแบคทีเรีย) ร้อยละการเกิดปนเปื้อน (สีน้ำตาล) หลังจากนั้น

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม JASP (open-source software; https://jasp-stats.org) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference)

4. ผลการวิจัย

พบว่า การใช้ 400 มก./ล. ClO_2 ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล 15 นาที และ คลอร็อกซ์ความเข้มข้นร้อยละ 10 (ชุดควบคุม) ให้ร้อยละการรอดชีวิตสูงที่สุด (100.00 ± 0.00) (รูปที่ 1) และไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อรา ขณะที่การใช้ 100 มก./ล. ให้ร้อยละการรอดชีวิตต่ำที่สุด (60.00 ± 16.33) และมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียสูงที่สุด (40.00 ± 16.33) ($P \leq 0.05$) (รูปที่ 2) ด้านการงอกของเมล็ด พบว่า คลอร็อกซ์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ให้ร้อยละการงอกสูงที่สุด (80.00 ± 12.23) รองลงมาคือ 400 มก./ล. ClO_2 + NB (53.30 ± 13.33) และ 200 มก./ล. ClO_2 + NB (13.33 ± 7.21) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (รูปที่ 3) ส่วนการใช้ 100 มก./ล. ไม่พบการงอกของเมล็ด โดยสรุป การใช้ 400 มก./ล. ClO_2 ร่วมกับน้ำนาโนบับเบิล 15 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถรักษาร้อยละการรอดชีวิตของเมล็ดไว้ที่ 100% ไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และให้การงอกของเมล็ดสูงกว่าการใช้คลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า แม้ว่าจะยังต่ำกว่าชุดควบคุม คลอร็อกซ์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ก็ตาม และส่วนร้อยละปนเปื้อนสีน้ำตาล ไม่พบการเกิดสีน้ำตาลในทุกกรรมวิธี แสดงว่าสภาพการทดลองสามารถป้องกันปัญหานี้ได้อย่างสมบูรณ์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำนาโนบับเบิลต่อการฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ หลังจากทำการเพาะเลี้ยงได้ 15 วัน

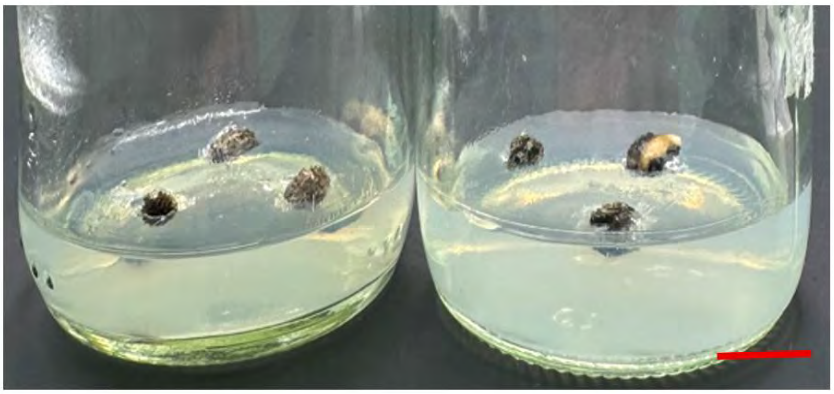
ความเข้มข้น ClO_2 (มก./ล.) + NB 15 (m)	ร้อยละ การรอดชีวิต	ร้อยละ การงอกของเมล็ด	ร้อยละ การปนเปื้อนแบคทีเรีย	ร้อยละ การปนเปื้อนรา
100 mg/ ClO_2 + NB	60.00 ± 16.33b[1/]	0.00 ± 0.00c	40.00 ± 16.33a	0.00 ± 0.00
200 mg/ ClO_2 + NB	80.00 ± 13.33ab	13.33 ± 7.21c	16.67 ± 11.39b	3.33 ± 3.33
400 mg/ ClO_2 + NB	100.00 ± 0.00a	53.30 ± 13.33b	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
ความเข้มข้นคลอร็อกซ์ (ร้อยละ 10) (control)	100.00 ± 0.00a	80.00 ± 12.23a	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
$LSD_{0.05}$	*	**	*	NA

หมายเหตุ : NA = ไม่ทำการวิเคราะห์ (Not analysis)

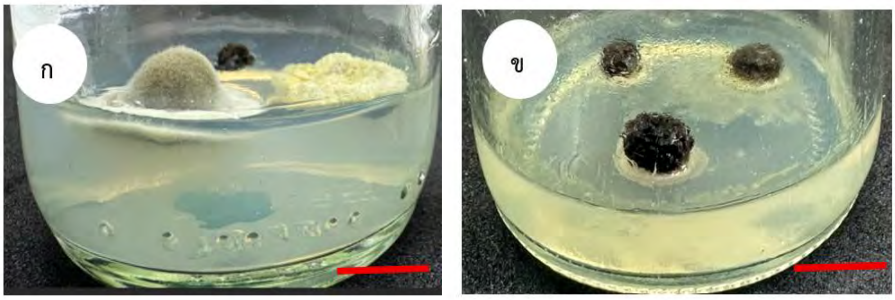
***** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*P≤0.05*)

****** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*P≤0.01*)

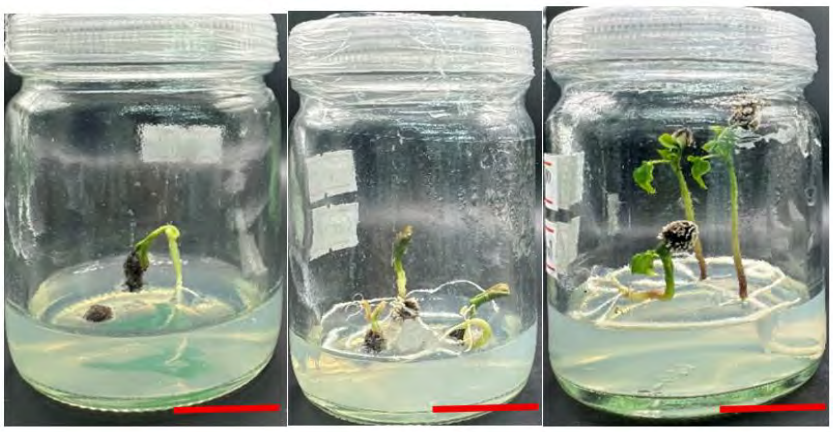
[1/] ค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ที่มีอักษรที่อยู่ในแนวสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*P≤0.05*)



รูปที่ 1 การรอดชีวิตของเมล็ดมะละกอไม่มีการปนเปื้อนจากราและแบคทีเรีย หลังจากทำการเพาะเลี้ยงได้ 15 วัน, แถบ (Bar = 1 ซม.)



รูปที่ 2 ลักษณะการเกิดปนเปื้อนของรา (ก) และลักษณะของการเกิดปนเปื้อนแบคทีเรีย (ข) หลังจากเพาะเลี้ยงได้ 15 วัน, แถบ (Bar = 1 ซม.)



รูปที่ 3 การงอกของเมล็ดมะละกอ ลักษณะต้นมะละกอที่เจริญเติบโตในหลอดทดลอง หลังจากที่ทำการเพาะเลี้ยงอายุได้ 15 วัน, แถบ (Bar = 1 ซม.)

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

การใช้คลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 400 มก./ล. ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลเป็นเวลา 15 นาที มีประสิทธิภาพสูงในการลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราบนผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ และสามารถรักษาการรอดชีวิตของเมล็ดได้ร้อยละ 100 อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีดังกล่าวให้เปอร์เซ็นต์การงอกต่ำกว่าชุดควบคุมที่ใช้ Clorox ความเข้มข้นร้อยละ 10 จึงแสดงให้เห็นว่ายังมีข้อจำกัดในด้านการรักษาความสามารถในการงอกของเมล็ด แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูงก็ตาม ดังนั้น คลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสำหรับการฟอกฆ่าเชื้อผิวเมล็ดในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แต่ยังจำเป็นต้องมีการปรับสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และความเข้มข้นและระยะเวลาการเตรียมน้ำไมโคร-นาโนบับเบิล

อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า การฟอกฆ่าเชื้อผิวเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 400 มก./ล. ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลเป็นเวลา 15 นาที สามารถรักษาการรอดชีวิตของเมล็ดได้ร้อยละ 100 และไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อรา แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดจุลินทรีย์บนผิวเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ (Yeom et al.,2021) และ (อรรถพล พางเมฆ และปัทมาภรณ์ สุจริตธุรการ,2566) ที่รายงานว่าคลอรีนไดออกไซด์สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ น้ำไมโคร-นาโนบับเบิลอาจมีส่วนช่วยเสริมประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ โดยเพิ่มการแพร่กระจายของสารฆ่าเชื้อและเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ รวมถึงอาจก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species; ROS) ที่ช่วยเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ (Mamun & Islam, 2025) อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากรรมวิธีดังกล่าวจะสามารถลดการปนเปื้อนได้อย่างสมบูรณ์ แต่เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด (53.30 ± 13.33) ยังต่ำกว่าชุดควบคุมที่ใช้ Clorox ความเข้มข้นร้อยละ 10 (80.00 ± 12.23) แสดงให้เห็นว่าการใช้คลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลที่ความเข้มข้นและระยะเวลาดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการงอกของเมล็ด แม้ว่าจะไม่ส่งผลต่อการรอดชีวิตของเมล็ดก็ตาม ดังนั้น จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่ากรรมวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดมะละกอ แต่สามารถกล่าวได้ว่ามีศักยภาพในการลดการปนเปื้อนและควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม นอกจากนี้ การทดลองไม่พบการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นส่วนพืชในทุกกรรมวิธี แสดงว่าการฟอกฆ่าเชื้อที่ใช้ในการศึกษานี้ไม่ก่อให้เกิดการออกซิเดชันของเนื้อเยื่อในระดับที่สังเกตได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระยะเริ่มต้น

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ประเมินผลการใช้คลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำนาโนบับเบิลเพียงบางระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการฟอกฆ่าเชื้อ จึงยังไม่สามารถระบุสภาวะที่เหมาะสมที่สุดได้ นอกจากนี้ การศึกษาประเมินผลเฉพาะการปนเปื้อน การรอดชีวิต และเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด โดยยังไม่ได้ศึกษาผลกระทบต่อ

การเจริญเติบโตของต้นอ่อน คุณภาพของต้นพืชหลังการเพาะเลี้ยง หรือการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของเมล็ดหลังการฟอกฆ่าเชื้อ

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1.ควรศึกษาผลของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำไมโคร-นาโนบับเบิลในระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการฟอกฆ่าเชื้อที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อหาสภาวะที่สามารถลดการปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการงอกของเมล็ด

2.ควรศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในระยะยาว รวมถึงศึกษากลไกทางสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น ความเสียหายของเอ็มบริโอ การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ และการเกิดออกซิเดชันเพื่อสนับสนุนการอธิบายกลไกการทำงานของคลอรีนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำนาโนบับเบิลให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ในการให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

ชิติ ศรีตนทิพย์, สุดา ธิชูโต, ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์, เมทินี นาคดี, และ วิษณุ ทองเล็ก. (2565). การกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวโพดและเมล่อนด้วยน้ำไมโครนาโนบับเบิลส์. ใน *การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 7 (CRCI 2021)* (น. 524–532). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

วรางคณา กาซัม, มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. (2563). ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไวท์อนูเบียส. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 14*(1), 65–72.

วุฒิชัย ศรีช่วย, และ สมปอง เตชะโต. (2557). ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงสับปะรดภูแลด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์. *แก่นเกษตร, 42*(ฉบับพิเศษ 3), 75–80.

อรรถพล พางเมฆ, และ ปัทมาภรณ์ สุจริตธุรการ. (2566). การใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการลดการปนเปื้อนของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าวเล็บนกปัตตานี. *Princess of Naradhiwas University Journal, 15*(2), 120–132.

Cardoso, J. C., & Teixeira da Silva, J. A. (2012). Micropropagation of gerbera using chlorine dioxide (ClO_2) to sterilize the culture medium. *In Vitro Cellular & Developmental Biology–Plant, 48*(3), 362–368. https://doi.org/10.1007/s11627-011-9418-8

Chen, Z., Yuk, H.-G., & Hung, Y.-C. (2022). Application of chlorine dioxide-based hurdle technology to improve microbial food safety: A review. *International Journal of Food Microbiology, 379*, 109848. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109848

Duan, Y., Zhang, H., Sun, M., Zhao, F., Xue, T., & Xue, J. (2019). Use of chlorine dioxide to sterilize medium for tissue culture of potato. *Scientific Reports, 9*, 10232. https://doi.org/10.1038/s41598-019-46795-4

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Jr., & Geneve, R. L. (2011). *Hartmann & Kester's plant propagation: Principles and practices* (8th ed.). Prentice Hall.

Lin, C.-H., Chen, Z., Yuk, H.-G., & Hung, Y.-C. (2025). Inactivation of *Salmonella Typhimurium* on mung bean seeds by combined application of microbubbles and disinfectants and its effect on sprouting. *Food Control, 167*, 110767. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110767

Mamun, M. A. A., & Islam, M. T. (2025). Oxygen nanobubbles in sustainable crop production: Mechanisms and agricultural applications. *Sustainability, 17*(12), 5275. https://doi.org/10.3390/su17125275

Yeom, H. J., Kim, N. H., Kang, J. H., & Song, K. B. (2021). Effects of gaseous chlorine dioxide on microbial safety and seed germination of sprout seeds. *Food Microbiology, 98*, 103787. https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103787

Zhang, Y., Qiu, J., Yang, K., Lu, Y., Xu, Z., Yang, H., Xu, Y., Wang, L., Lin, Y., Tong, X., He, J., Xiao, Y., Sun, X., Huang, R., Yu, X., & Zhong, T. (2023). Generation, mechanisms, kinetics, and effects of gaseous chlorine dioxide in food preservation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 22*(4), 3105–3129. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13177

Zhu, X., Hui, S., Huang, H., Liu, R., Wang, S., & Huang, C. (2024). Antimicrobial mechanism of chlorine dioxide and its impacts on postharvest management in horticultural produce: A review. *Postharvest Biology and Technology, 213*, 112921. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.112921

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ต่อการงอกเมล็ดและเจริญเติบโตต้นกล้าข้าวพันธุ์ “หอม มพ.1”

กชพร คนล่ำ[1*] เพียงพิมพ์ ชิดบุรี[1], ศิริพรรณ สารินท์[2] และอภิชาติ ชิดบุรี[1,3]

[1] สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง จังหวัดลำปาง 52000

[2]ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

[3]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

*kotchaporn_7263@gmail.com, 063-6383632

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ด และการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าวพันธุ์หอม มพ. 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) จำนวน 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยคลุกเมล็ดข้าวด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 ในอัตรา 0, 25, 50 และ 75 กรัมต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่า การคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์หอม มพ.1 อย่างไรก็ตามเมล็ดที่คลุกด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 อัตรา 25 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถส่งเสริมให้ต้นกล้าข้าวมีค่าดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุดเท่ากับ 767.31±71.52 และมีความยาวต้นกล้ามากที่สุดเท่ากับ 7.86±0.69 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใช้ PGPR-2 อัตรา 75 กรัม และ 50 กรัมต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม ในขณะที่การใช้ PGPR-2 อัตรา 75 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนรากมากที่สุดเท่ากับ9.10±0.29 รากต่อต้น และมีความยาวรากต้นกล้าสูงที่สุดเฉลี่ย 7.25±0.29 เซนติเมตร ดังนั้น การใช้ปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 ในอัตราดังกล่าวจึงมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมความแข็งแรงของเมล็ดและการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าวพันธุ์หอม มพ.1 ได้

คำสำคัญ: ปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2, ข้าวพันธุ์ หอม มพ.1, การเจริญเติบโตของต้นกล้า

Effects of PGPR-2 Biofertilizer on Seed Germination and Seedling Growth of 'Hom Morpor 1' Rice

Kotchphon Konlam[1], Piengpim Chidburee[1], Siripun Sarin[2] and Aphichat Chidburee[1,3]

[1]Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Lampang 52000, Thailand

[2]Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, 99 M.9 Tha Pho sub-district, Meung Phitsanulok District, Phitsanulok, 65000, Thailand.

[3]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Rajamangala University of Technology Lanna. Lampang, 52000, Thailand.

*kotchaporn_7263@gmail.com, 063-6383632

Abstract

This study investigated the effects of the PGPR-2 biofertilizer on germination, seed vigor, and seedling growth in Hom Morpor 1 rice. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with four treatments and four replications. Rice seeds were coated with PGPR-2 biofertilizer at rates of 0, 25, 50, and 75 g. per 1 kg. of rice seeds. The results showed that PGPR-2 seed coating did not affect germination percentage or germination index of Hom Morpor 1 rice. However, seeds coated with the PGPR-2 biofertilizer at a rate of 25 g. per 1 kg. of seeds showed the highest seedling vigor index at 767.31±71.52 and the maximum seedling length 7.86±0.69 cm. showing no significant difference compared to the 75 g. and 50 g. per 1 kg of seed rate. Meanwhile, the application of PGPR-2 at a rate of 75 g. per 1 kg. of seeds results in the highest average number of roots at 9.10±0.29 roots/plant and the highest average seedling shoot length at 7.25±0.29 cm. These results suggest that PGPR-2 biofertilizer at this rate may improve seed vigor and early seedling growth of Hom Morpor 1 rice.

Keywords: PGPR-2 biofertilizer, Hom Morpor 1 rice, Seedling growth

1. บทนำ

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย สร้างรายได้เข้าประเทศอย่างต่อเนื่อง เป็นสินค้าเกษตรส่งออกหลักของประเทศ และมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์, 2568) อย่างไรก็ตาม สถานการณ์การผลิตข้าวในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต้องเผชิญกับปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะราคาปุ๋ยเคมีในท้องตลาด เพราะเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลักและขาดการบำรุงดินอย่างถูกวิธี ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ผลผลิตตกต่ำ และส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น นอกจากนี้ธาตุอาหารในปุ๋ยเคมียังละลายน้ำได้ง่าย จึงเสี่ยงต่อการสูญเสียผ่านการทำปฏิกิริยากับดิน การไหลไปกับน้ำ และการถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Inthasan, 2020) จากปัญหาดังกล่าว การใช้ 'ปุ๋ยชีวภาพ' จึงเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชบริเวณราก (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: PGPR) ที่พัฒนาโดยกรมวิชาการเกษตร เช่น ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 (PGPR-2) ใช้สำหรับข้าว ประกอบด้วยแบคทีเรียหลัก ได้แก่ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis* ซึ่งช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์ผ่านการสร้างฮอร์โมนพืช ในกลุ่มออกซิน (Auxin) โดยเฉพาะ Indole-3-acetic acid (IAA) ที่มีส่วนช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของรากแรกเกิด ส่งผลให้รากแทงผ่านเปลือกเมล็ดได้เร็วขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับน้ำ โดยจุลินทรีย์จะสร้างสารเมือก ห่อหุ้มรอบเมล็ด เพื่อรักษาความชื้นและช่วยให้เมล็ดดูดซับน้ำได้อย่างสม่ำเสมอ (อริษา และคณะ, 2568)

สำหรับข้าวพันธุ์ "หอม มพ.1" (Hom Morpor 1) เป็นข้าวหอมสายพันธุ์ใหม่ที่ถูกปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมีลักษณะเด่นคือคุณภาพเมล็ดที่ดี มีกลิ่นหอม และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2568) แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นข้าวพันธุ์ใหม่ จึงทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าต่อการประยุกต์ใช้ปุ๋ยชีวภาพ มีอยู่จำกัดและยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีแนวคิดที่ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ หอม มพ.1 องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยยืนยันประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพต่อข้าวสายพันธุ์ใหม่ แต่ยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีในระยะต้นกล้า ลดต้นทุนการผลิต และส่งเสริมการทำนาข้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ประชากรในหลายประเทศทั่วโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย นอกจากข้าวเป็นพืชอาหารหลักสำหรับประเทศไทยแล้ว ข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยด้วยเช่นกัน โดยในปี 2567/68 ประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 5 จาก 10 ประเทศของผู้ผลิต ข้าวที่สำคัญของโลก ด้วยพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1,053.69 ล้านไร่ จำนวนผลผลิตกว่า 181.51 ล้านตัน (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์, 2568) สำหรับพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรผู้ผลิตข้าวนิยมเพาะปลูกนั้น ส่วนใหญ่เลือกใช้ตามความต้องการของตลาดและโครงการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยเน้นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีและเป็นที่ต้องการสูง เช่น ข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวหอม กข15 สำหรับนาปี ส่วนในนาปรังนิยมใช้พันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ผลผลิตสูง เช่น กข41, ชัยนาท 1, และสันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนทานและเป็นที่นิยมในกลุ่มเกษตรกร (กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว, 2568)

ข้าว “หอม มพ. 1” เป็นข้าวเหนียวหอม ไม่ไวต่อช่วงแสง เกิดจากการผสมข้ามของข้าวจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ สันป่าตอง 1, กข6 และ RGD07585-5-B-MAS-12-1-MAS-14 พัฒนาประชากรโดยวิธีการผสมกลับ และใช้เครื่องหมาย DNA ถึง 5 ตำแหน่ง เพื่อคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ คือ มีกลิ่นหอม มีเมล็ดขนาดใหญ่ และรวงยาว ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 830 กิโลกรัมต่อไร่ ลำต้นแข็งแรง ความสูงประมาณ 126 เซนติเมตร อายุปลูกถึงเก็บเกี่ยว ประมาณ 140-150 วัน เหมาะสำหรับพื้นที่นาชลประทานในเขตภาคเหนือตอนบน อีกทั้งความต้านทานโรคไหม้ และต้านทานโรคขอบใบแห้ง (คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา, 2562; มหาวิทยาลัยพะเยา, 2568)

การกระตุ้นการงอกเมล็ด (Seed priming) คือ เทคนิคในการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดพันธุ์ก่อนที่จะนำไปปลูก โดยการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีบางชนิด ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม และนำเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นการงอกไปเพาะจะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ (Mcdonal, 1999) ก่อนที่รากพืชจะแทงทะลุออกมานอกเปลือกเมล็ดจะต้องน้ำเมล็ดมาลดความชื้นจนมีค่าเท่ากับความชื้นเริ่มต้น โดยการลดความชื้น (dehydration) ของเมล็ดจะช่วยในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นนี้ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งและเมล็ดจะยังคงความมีชีวิตเมื่อนำไปปลูกเมล็ดพันธุ์ก็จะงอกได้ดีและสม่ำเสมอ (Taylor et al., 1998) นอกจากนี้การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 (PGPR-2) สามารถทำได้ผ่านการคลุกเมล็ดและการแช่เมล็ด ซึ่งช่วยให้รากงอกเร็ว แข็งแรง และป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าได้ดี (อริษา และคณะ, 2568; ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดชลบุรี, 2566)

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 (PGPR-2) ประกอบด้วยแบคทีเรียหลักคือ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis* ซึ่งช่วยกระตุ้นการงอกผ่านกลไกการสร้างฮอร์โมนพืช (Plant Hormones) โดยมีแบคทีเรียที่จะผลิตฮอร์โมนกลุ่ม ออกซิน (Auxin) เช่น IAA (Indole-3-Acetic Acid) ส่งผลโดยตรงต่อการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของรากแรกเกิดทำให้รากแทงออกจากเปลือกเมล็ดได้เร็วขึ้น และ PGPR-2 เพิ่มการดูดซับน้ำ โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดสร้างสารเมือก (Exopolysaccharides) รอบเมล็ดช่วยรักษาความชื้นและทำให้เมล็ดดูดซับน้ำได้สม่ำเสมอขึ้น (อริษา และคณะ, 2568) นอกจากนี้ PGPR-2

มีการย่อยสลายสารอาหารสำรอง โดยมีแบคทีเรียบางชนิดที่ช่วยผลิตเอนไซม์ที่เร่งการเปลี่ยนแป้งในเมล็ดให้เป็นน้ำตาล เพื่อใช้เป็นพลังงานในกระบวนการงอก (Seed Germination Energy) (กรมวิชาการเกษตร, 2565)

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ต่อความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวพันธุ์ หอม มพ.1 เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเคมีในขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์ในการเพิ่มอัตราความงอกของเมล็ดข้าว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) โดยมี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ ไม่คลุก PGPR-2, คลุกเมล็ดด้วย PGPR-2 อัตรา 25 กรัม, 50 กรัม และ 75 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว หอม มพ.1 นำไปคลุกด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ในอัตรา 0, 25, 50 และ 75 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการคลุกปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ไปทดสอบความงอกด้วยวิธี Top of paper โดยการนำกระดาษเพาะวางลงในกล่อง และวางเมล็ดข้าวลงบนกระดาษเพาะจำนวน 50 เมล็ดต่อกล่อง แล้วปิดฝากล่องให้สนิท นำไปวางในห้องที่มีอุณหภูมิปกติ

3.2 การบันทึกข้อมูล

3.2.1 เปอร์เซ็นต์ความงอก โดยสังเกตจากรากแรกเกิดยาวออกมาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และทำการประเมินความงอกครั้งแรก 7 วันหลังเพาะเมล็ด และครั้งสุดท้าย 14 วันหลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2009) จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100 \quad (1)$$

3.2.2 ดัชนีความแข็งแรง โดยตรวจนับเปอร์เซ็นต์ความงอกและวัดความยาวของต้นกล้าประเมินดัชนีความแข็งแรงครั้งแรก 7 วันหลังเพาะเมล็ด และครั้งสุดท้าย 14 วันหลังเพาะเมล็ด แล้วนำมาคำนวณหาดัชนีความแข็งแรงของเมล็ด จากสูตร (Abdul-Baki and Anderson, 1973)

$$\text{ดัชนีความแข็งแรง (SVI)} = \text{เปอร์เซ็นต์ความงอก} \times \text{ความยาวต้นกล้า} \quad (2)$$

3.2.3 ดัชนีความงอก โดยนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวันหลังเพาะเมล็ด เป็นเวลา 7 วันหลังเพาะเมล็ด แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอก จากสูตร (AOSA, 2002)

$$\text{ดัชนีความงอก (GI)} = \text{ผลรวมของ} \left\{ \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \right\} \quad (3)$$

3.2.4 จำนวนรากต้นกล้า โดยการสุ่มต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น

3.2.5 ความยาวรากต้นกล้า โดยวัดจากโคนรากจนถึงปลายราก จากการสุ่มต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น

3.2.6 ความยาวต้นกล้า โดยวัดจากโคนต้นจนถึงปลายใบ จากการสุ่มต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม JASP (open-source software; https://jasp-stats.org) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference)

4. ผลการวิจัย

พบว่า การคลุกเมล็ดข้าว หอม มพ.1 ด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 ในทุกระดับความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ns) ในด้านเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความงอก แต่การใช้ปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 ส่งผลต่อดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 อัตรา 25 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ให้ค่าดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุดเท่ากับ 767.31±71.52 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตรา 75 กรัม และอัตรา 50 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม และเมื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า จำนวนรากและความยาวรากของต้นกล้าข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อได้รับปุ๋ยชีวภาพในอัตราที่ต่างกัน โดยกรรมวิธีที่คลุกปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 อัตรา 75 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ส่งผลให้ต้นกล้ามีจำนวนราก และความยาวรากมากที่สุดเฉลี่ย 9.10±0.29 รากต่อต้น และ 7.25±0.29 เซนติเมตร รองลงมาคืออัตรา 50 กรัม และอัตรา 25 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพมีจำนวนรากสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ และความยาวต้นกล้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 อัตรา 25 กรัม ให้ความยาวต้นกล้าสูงสุดเฉลี่ย 7.86±0.69 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตรา 75 กรัม และอัตรา 50 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม แต่ทุกชุดการทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพส่งผลให้ต้นกล้ามีความยาวต้นกล้ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เมล็ดข้าวในทุกกรรมวิธีสามารถงอกได้ดี และมีจำนวนต้นกล้าใกล้เคียงกัน จึงสังเกตความแตกต่างด้านความงอกได้ไม่ชัดเจนอย่างไรก็ตาม ต้นกล้าในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 มีแนวโน้มเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะการพัฒนาของระบบรากในกรรมวิธีที่ 4 พบว่าต้นกล้ามีรากจำนวนมากและรากยาวกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น สะท้อนถึงความแข็งแรงของต้นกล้าที่เพิ่มขึ้น ภาพรวมจึงแสดงให้เห็นว่า พีจีพีอาร์-2 ไม่ได้ส่งผลเด่นชัดต่อการเพิ่มความงอก แต่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากและความสมบูรณ์ของต้นกล้าในระยะแรกได้ดีขึ้น (รูปที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการคลุกเมล็ดข้าวด้วยปุ๋ยชีวภาพ PGPR-2 ต่อความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตในระยะของต้นกล้าข้าวพันธุ์ หอม มพ.1

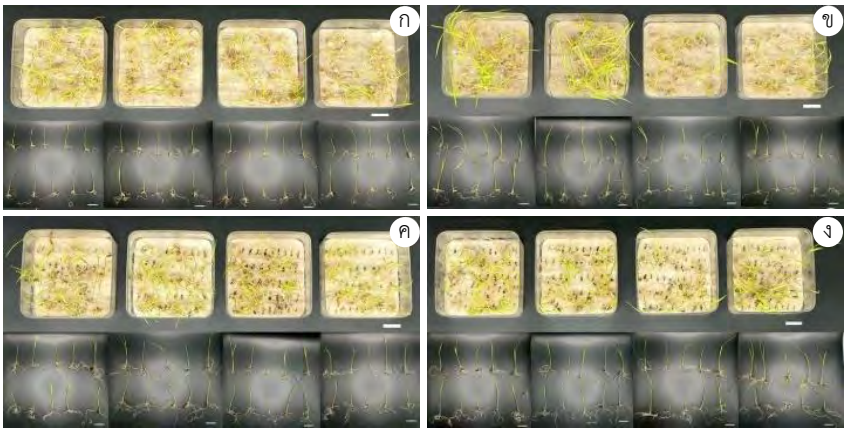
ความเข้มข้นปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 (กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ความงอก (%)	ดัชนีความแข็งแรง	ดัชนีความงอก	จำนวนรากต้นกล้า (ราก)	ความยาวรากต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)
PGPR-2 0 กรัม	97.50±1.26	592.48±6.81^{b}	5.18±0.11	5.70±0.36^{c}	5.62±0.14^{c}	6.08±0.04^{b}
PGPR-2 25 กรัม	97.50±0.96	767.31±71.52^{a}	5.43±0.27	7.93±0.43^{b}	6.12±0.23^{bc}	7.86±0.69^{a}
PGPR-2 50 กรัม	98.00±0.82	655.33±23.34^{ab}	5.86±0.33	8.10±0.18^{ab}	6.50±0.27^{b}	6.69±0.28^{ab}
PGPR-2 75 กรัม	98.50±0.96	758.69±31.84^{a}	5.79±0.24	9.10±0.29^{a}	7.25±0.29^{a}	7.70±0.31^{a}
F-test	ns	**	ns	**	**	*
C.V. (%)	0.02	0.15	0.09	0.18	0.11	0.14

หมายเหตุ : **ns** = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (not significant)

***** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*P≤0.05*)

****** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*P≤0.01*)

[1/]ค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ที่มีอักษรที่อยู่ในแนวสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*P≤0.05*)



รูปที่ 1 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์หอม มพ.1
(ก) ไม่คลุก PGPR-2 (ชุดควบคุม: control) (ข) คลุกเมล็ดด้วย PGPR-2 อัตรา 25 ก. ต่อเมล็ด 1 กก.
(ค) คลุกเมล็ดด้วย PGPR-2 อัตรา 50 ก. ต่อเมล็ด 1 กก. (ง) คลุกเมล็ดด้วย PGPR-2 อัตรา 75 ก. ต่อเมล็ด 1 กก.

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการคลุกเมล็ดข้าวพันธุ์หอม มพ.1 ด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 พบว่า การใช้พีจีพีอาร์-2 ทุกอัตราไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความงอกแตกต่างจากชุดควบคุมทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองมีคุณภาพเริ่มต้นค่อนข้างสูง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ในช่วง 97.50–98.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่สูงมากอยู่แล้ว จึงทำให้การตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพในด้านการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกแสดงออกได้ไม่ชัดเจน กล่าวคือ เมื่อเมล็ดพันธุ์มีความมีชีวิตและมีความสามารถในการงอกดีอยู่แล้ว การใช้พีจีพีอาร์-2 จึงอาจไม่ได้เพิ่มจำนวนเมล็ดที่งอกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ส่งผลเด่นชัดมากกว่าในระยะหลังจากเมล็ดเริ่มงอกแล้ว โดยเฉพาะการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากและต้นกล้า ผลการทดลองพบว่าการใช้พีจีพีอาร์-2 ส่งผลให้ดัชนีความแข็งแรง จำนวนราก ความยาวราก และความยาวต้นกล้าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับคุณสมบัติของจุลินทรีย์กลุ่ม Plant Growth Promoting Rhizobacteria หรือ PGPR ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้หลายกลไก เช่น การตรึงไนโตรเจน การละลายฟอสเฟต การสร้างสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และการช่วยให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีขึ้น (Vessey, 2003; Kloepper et al., 2004; Ahemad & Kibret, 2014) โดยเฉพาะการสร้างสารกลุ่มออกซิน เช่น indole-3-acetic acid หรือ IAA ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการแบ่งเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ การเกิดรากแขนง และการพัฒนารากอ่อนของพืช (Spaepen et al., 2007; Etesami & Glick, 2024) ดังนั้น การที่ต้นกล้าข้าวที่ได้รับพีจีพีอาร์-2 มีจำนวนรากและความยาวรากมากกว่าชุดควบคุม จึงอาจเป็นผลจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่ช่วยกระตุ้นการพัฒนาระบบรากในระยะแรกของการเจริญเติบโตการเพิ่มขึ้นของจำนวนรากและความยาวรากมีความสำคัญต่อความแข็งแรงของต้นกล้า เนื่องจากระบบรากเป็นส่วนสำคัญในการดูดน้ำและธาตุอาหาร หากต้นกล้ามีรากจำนวนมากและรากยาว จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึม ทำให้ต้นกล้าสามารถตั้งตัวได้ดีและเจริญเติบโตได้รวดเร็วกว่าต้นกล้าที่มีระบบรากน้อยหรือสั้นกว่า แนวคิดนี้สอดคล้องกับรายงานของ Grover et al. (2021) ที่ระบุว่า PGPR สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะของระบบรากและเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนบริเวณราก ส่งผลให้พืชใช้ประโยชน์จากน้ำและธาตุอาหารได้ดีขึ้น นอกจากนี้ Preepremmot et al. (2019) รายงานว่าเชื้อ *Azospirillum* spp. ที่แยกได้จากรากและดินบริเวณรากข้าวมีความสามารถในการสร้าง IAA และมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งสนับสนุนผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าการใช้พีจีพีอาร์-2 มีผลเด่นต่อการเจริญเติบโตของรากและความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว เมื่อพิจารณาอัตราการใช้พีจีพีอาร์-2 พบว่าอัตรา 75 กรัมต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม ให้ผลดีที่สุดในหลายลักษณะ โดยเฉพาะดัชนีความแข็งแรง จำนวนราก ความยาวราก และความยาวต้นกล้า อาจเป็นไปได้ว่าอัตราดังกล่าวมีปริมาณจุลินทรีย์ที่เพียงพอต่อการเกาะติดบนผิวเมล็ดและบริเวณรากอ่อนในช่วงเริ่มงอก ทำให้จุลินทรีย์สามารถดำเนินกิจกรรมทางชีวภาพและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีกว่าอัตราที่ต่ำกว่า เมื่อรากเริ่มพัฒนาได้ดี ต้นกล้าจึงมีแนวโน้มแข็งแรงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ ดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับเปอร์เซ็นต์ความงอกและความยาวต้นกล้า ดังนั้น แม้เปอร์เซ็นต์ความงอกจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพีจีพีอาร์-2 ส่งผลให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีขึ้น โดยเฉพาะความยาวรากและความยาวต้นกล้า จึงทำให้ค่าดัชนี

ความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม การตอบสนองของต้นกล้าต่อพีจีพีอาร์-2 ในแต่ละลักษณะไม่ได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้อย่างสมบูรณ์เสมอไป เช่น ความยาวต้นกล้าในบางอัตราอาจไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน เช่น ความสม่ำเสมอของการคลุกเมล็ด ความสามารถของจุลินทรีย์ในการมีชีวิตรอดบนผิวเมล็ด สภาพความชื้นขณะเพาะ และความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์กับรากอ่อนของข้าวพันธุ์หอม มพ.1 ดังนั้น การใช้พีจีพีอาร์-2 อัตรา 75 กรัมต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม จึงเป็นอัตราที่มีแนวโน้มเหมาะสมที่สุดในการส่งเสริมการงอกเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าภายใต้สภาพการทดลองนี้ แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นอัตราที่ดีที่สุดสำหรับทุกสภาพแวดล้อมในการผลิตจริง โดยสรุป การคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-2 อาจไม่ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์หอม มพ.1 อย่างชัดเจนในกรณีที่เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพเริ่มต้นสูงอยู่แล้ว แต่มีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมความแข็งแรงของต้นกล้าผ่านการกระตุ้นการพัฒนาระบบรากและการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า โดยเฉพาะอัตรา 75 กรัมต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม ซึ่งให้ผลเด่นในด้านจำนวนราก ความยาวราก และดัชนีความแข็งแรง อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อในสภาพแปลงปลูกจริง รวมถึงติดตามผลต่อการตั้งตัวของต้นกล้า การแตกกอ ผลผลิต และคุณภาพเมล็ด เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของพีจีพีอาร์-2 สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตข้าวต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ในการให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2565). การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ในการผลิตข้าว. สืบค้น 10 กรกฎาคม 2568, จาก https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/01/การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู-กปผ.pdf

กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว. (2568). กระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์ (1987) จำกัด.

คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา. (2562). Hom Morpor 1: A New Fragrant Glutinous Rice Variety Developed Using DNA Marker-Assisted Selection. สืบค้น 10 กรกฎาคม 2568, จาก https://www.agri.up.ac.th/ content/21839/hom-morpor-1-a-new-fragrant-glutinous-rice-variety-developed-using-dna-marker-assisted-selection.

มหาวิทยาลัยพะเยา. (2568). ข้าวเหนียว “หอม มพ. 1” ข้าวเหนียวหอมจาก ม.พะเยา ข้าวเพื่อชุมชนแห่งภาคเหนือตอนบน. สืบค้น 10 กรกฎาคม 2568, จาก https://www.up.ac.th/NewsRead.aspx?itemID=35633.

ไวพจน์ กันจู และ บรรเจิด หงส์จักร. (2568). ข้าวเหนียว “หอม มพ. 1” ข้าวเหนียวหอมจาก ม.พะเยา ข้าวเพื่อชุมชนแห่งภาคเหนือตอนบน. สืบค้น 10 กรกฎาคม 2568, จาก https://up.ac.th/NewsRead.aspx?itemID=35633

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดชลบุรี. (2566). การผลิตขยายเชื้อราไตรโคเดอร์ม่า. สืบค้น 13 กรกฎาคม 2568, จาก https://esc.doae.go.th/wpcontent/uploads/2023/10การผลิตขยายเชื้อราไตรโคเดอร์ม่า.pdf

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. (2568). สถานการณ์การค้าข้าวและโอกาสการพัฒนาสินค้าข้าวไทย. สืบค้น 13 กรกฎาคม 2568, จาก https://uploads.tpso.go.th/

อริษา จิตรติกรกุล, พยอม โคเบลลี่, ไอลดา ชุมแสง, วริยา ฉุนจัตุรัส และ ธีรดา หวังสมบูรณ์ดี. (2568). จุลินทรีย์ดินเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับข้าว. วารสารวิชาการข้าว, 16 (2), 79-94. จาก http://thairiceresearchjournal.ricethailand.go.th/images/PDF/16_2_2568/4.pdf

Abdul-Baki AA, Anderson JD. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. Crop Science. 13: 630-633.

Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University - Science, 26(1), 1–20. doi: 10.1016/j.jksus.2013.05.001

AOSA. (2002). Seed Vigor Testing Handbook (Revised 2002). Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysis.

Bradford, K.J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort Science, 21 (5), 1105–1112. doi: 10.21273/HORTSCI.21.5.1105

Etesami, H., & Glick, B. R. (2024). Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. Microbiological Research, 281, 127602. doi: 10.1016/j.micres.2024.127602

Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J., & Nain, L. (2021). PGPR mediated alterations in root traits: Way toward sustainable crop production. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 618230. doi: 10.3389/fsufs.2020.618230

ISTA. (2009). International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 27. 1-334.

Joseph W Kloepper, Choong-Min Ryu, Shouan Zhang. (2004). Induced Systemic Resistance and Promotion of Plant Growth by Bacillus spp. Phytopathology, 94 (11), 1259-66. doi: 10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259

Kloepper, J. W., Ryu, C. M., & Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by Bacillus spp. Phytopathology, 94(11), 1259–1266. doi: 10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259

Mcdonald, M.B. (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27 (1). 177–237.

Preepremmot, P., Amkha, S., Chungopast, S., & Mala, T. (2019). The nitrogenase activity and indole-3-acetic acid production of Azospirillum spp. isolates from rice root and rhizosphere soil and their efficiencies on growth promotion of rice. Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences, 25(2), 130–142.

Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. FEMS Microbiology Reviews, 31(4), 425–448. doi: 10.1111/j.1574-6976.2007.00072.x

Taylor, A.G., P.S. Allen, M.A. Bennett, K.J. Bradford, J.S. Burris and M.K. Misra. (1998). Seed enhancements. Seed Science Research 8(2), 245-256. doi: 10.1017/S0960258500004141

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255, 571–586. doi: 10.1023/A:1026037216893

Yang Wen Qing. (2006). Effects of GA3, 6-BA and 2,4-D Applied in Cucumber Seed Film Coating (master's thesis). N.P. Zhejiang University. Retrieved 13 July 2525, from http://www.dissertationtopic. net/doc/1002130

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของความเข้มข้น 2,4-D ร่วมกับตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น ต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสของถั่วลายเสือในสภาพปลอดเชื้อ

กิตติญา ยืนธรรม[1*] , เพียงพิมพ์ ชิดบุรี[1] ,อภิชาติ ชิดบุรี[1,2]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ตำบลพิชัย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52000

[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ตำบลพิชัย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52000

*E-mail: kittiyayuentham@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 084-2235488

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น 2,4-D ร่วมกับตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้นต่อการชักนำแคลลัสของถั่วลายเสือ (*Arachis hypogaea* L.) ในสภาพปลอดเชื้อ วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD) 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ โดยใช้ 2,4-D 3 ระดับความเข้มข้น (3, 4 และ 5 มก./ล.) ร่วมกับชิ้นส่วนลำต้น 3 ตำแหน่ง บนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เก็บข้อมูลร้อยละการเกิดแคลลัส ร้อยละการปนเปื้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแคลลัส วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Chi-square test และ Two-way ANOVA ผลการวิจัยพบว่าการเติม 2,4-D เป็นปัจจัยจำเป็นต่อการชักนำแคลลัสอย่างชัดเจน เนื่องจากชุดควบคุมที่ไม่เติม 2,4-D ไม่เกิดแคลลัสเลยตลอดการทดลอง ในขณะที่ทุกกรรมวิธีที่เติม 2,4-D สามารถชักนำแคลลัสได้ (ร้อยละ 10–30) อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของ 2,4-D ตำแหน่งชิ้นส่วน และอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัย ไม่มีผลต่อร้อยละการเกิดแคลลัส ขนาด และน้ำหนักของแคลลัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการศึกษาจึงยืนยันเพียงความจำเป็นของ 2,4-D ต่อการชักนำแคลลัส ส่วนระดับความเข้มข้นและตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมด้วยจำนวนซ้ำที่มากขึ้นเพื่อยืนยันผลในการวิจัยครั้งต่อไป

คำสำคัญ : ถั่วลายเสือ, 2,4-D, การชักนำแคลลัส, ตำแหน่งชิ้นส่วน, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Effects of 2,4-D Concentration and Stem Explant Position on *In Vitro* Callus Induction of Tiger Bean (*Arachis hypogaea* L.)

Kittiya Yuentham[1*] , Piengpim Chidburee[1] , Aphichat Chidburee[1,2]

[1] Department of Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, 200 Moo 17 Thumbon Phichai Amphoe Muang Lampang 52000, Thailand.

[2] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 200 Moo 17 Thumbon Phichai Amphoe Muang Lampang 52000, Thailand.

*E-mail: kittiyayuentham@gmail.com, Number phone : 084-2235488

Abstract

This study aimed to investigate the effects of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) concentration combined with stem explant position on callus induction of Tiger Bean (*Arachis hypogaea* L.) on *In Vitro*. A Factorial in Completely Randomized Design (Factorial in CRD) was employed, consisting of 10 treatments with 10 replications each, using three concentrations of 2,4-D (3, 4, and 5 mg/L) combined with three stem explant positions on MS medium over an 8-week period. Data collected included percentage of callus induction, percentage of contamination, callus diameter, fresh weight, and dry weight, which were analyzed using Chi-square test and Two-way ANOVA. The results showed that 2,4-D was an essential factor for callus induction, as the control treatment without 2,4-D failed to produce any callus throughout the experiment, whereas all treatments supplemented with 2,4-D induced callus formation (10–30%). However, statistical analysis revealed that 2,4-D concentration, explant position, and their interaction had no statistically significant effect on callus induction percentage, diameter, or weight ($p>0.05$). These findings therefore confirm only the necessity of 2,4-D for callus induction, while the optimal concentration and explant position remain to be verified through further studies with a larger number of replications.

Keywords: tiger bean, 2,4-D, callus induction, explant position, tissue culture

1. บทนำ

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) วงศ์ FABACEAE เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทั้งด้านอาหารและรายได้ของเกษตรกร โดยเฉพาะ "ถั่วลายเสือ" ซึ่งเป็นถั่วลิสงพันธุ์พื้นเมืองที่มีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) อย่างไรก็ตาม การขยายพันธุ์ในปัจจุบันยังอาศัยเมล็ดเป็นหลัก ทำให้มีข้อจำกัดด้านความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมและปริมาณต้นพันธุ์ที่ผลิตได้ในแต่ละครั้ง เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว โดยเฉพาะการชักนำให้เกิดแคลลัส (callus induction) ซึ่งเป็นขั้นตอนตั้งต้นที่สำคัญสำหรับการต่อยอดสู่กระบวนการชักนำยอด การเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย และการปรับปรุงพันธุ์ในระดับเซลล์ต่อไป

ปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อความสำเร็จของการชักนำแคลลัส ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะ 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ นอกจากนี้ อีกปัจจัยหนึ่งที่มักถูกมองข้ามแต่มีผลไม่น้อยไปกว่าชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ ตำแหน่งของชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยง (explant position) เนื่องจากชิ้นส่วนลำต้นในแต่ละตำแหน่ง (เช่น ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคนต้น) มีความแตกต่างกันทั้งด้านสรีรวิทยา อายุของเนื้อเยื่อ ปริมาณฮอร์โมนภายใน (endogenous hormone) และความสามารถในการตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตจากภายนอก ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการชักนำแคลลัสแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ใช้

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์จะศึกษาผลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของ 2,4-D และตำแหน่งของชิ้นส่วนลำต้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการชักนำแคลลัสจากชิ้นส่วนลำต้นของถั่วลายเสือในสภาพปลอดเชื้อ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของถั่วลายเสือให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอาศัยหลักการ totipotency คือความสามารถของเซลล์พืชที่จะเปลี่ยนสภาพ (dedifferentiate) และพัฒนากลับไปเป็นพืชต้นสมบูรณ์ได้ เมื่อเซลล์ได้รับสภาวะแวดล้อมและสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมภายใต้สภาพปลอดเชื้อ

2.2 แคลลัสและกระบวนการชักนำแคลลัส

แคลลัส คือ กลุ่มเซลล์ที่ยังไม่มีการจัดระเบียบ ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วบริเวณรอยแผลของชิ้นส่วนพืชเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต แคลลัสที่ได้จะมีลักษณะ สี และเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไปตามชนิดพืชและสภาวะที่ใช้เพาะเลี้ยง เช่น แคลลัสชนิดร่วน (friable callus) หรือแคลลัสชนิดแน่น (compact callus)

2.3 บทบาทของ 2,4-D ต่อการชักนำแคลลัส

2,4-D เป็นออกซินสังเคราะห์ที่มีความเสถียรสูงและออกฤทธิ์แรงกว่าออกซินธรรมชาติ เนื่องจากทนทานต่อการสลายตัวโดยเอนไซม์ในเซลล์พืชมากกว่า IAA กลไกการทำงานเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นวิถีสัญญาณออกซินผ่านระบบ SCF-TIR1/AFB ซึ่งนำไปสู่การสลายโปรตีนตัวกดการแสดงออกของยีนกลุ่ม AUX/IAA และกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่ตอบสนองต่อออกซิน ทำให้เซลล์เกิดการ dedifferentiation และแบ่งตัวเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นแคลลัส

งานวิจัยระดับโมเลกุลล่าสุดของ Pacheco และคณะ (2026) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโปรตีโอมของมะละกอภายใต้ความเข้มข้น 2,4-D ที่แตกต่างกัน ยืนยันว่ากลไกดังกล่าวมีลักษณะขึ้นกับความเข้มข้นอย่างชัดเจน (dose-dependent) โดยความเข้มข้นระดับปานกลางจะกระตุ้นเครือข่ายโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้สัญญาณออกซิน กระบวนการย่อยสลายโปรตีนผ่านโปรตีเอโซม และเมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับเมทิลเลชัน สร้างสภาวะโมเลกุลที่เอื้อต่อการปรับเปลี่ยนสภาพเซลล์ไปสู่การเป็นแคลลัส ในทางตรงกันข้าม ความเข้มข้นที่สูงเกินระดับเหมาะสม (supra-optimal) กลับกดการทำงานของวิถีดังกล่าวและรบกวนสมดุลโปรตีโอสตาซิสของเซลล์ ส่งผลให้การชักนำแคลลัสล่าช้าหรือล้มเหลว นับเป็นหลักฐานเชิงกลไกระดับโมเลกุลที่สนับสนุนรูปแบบการตอบสนองแบบ bell-shaped dose-response ของ 2,4-D ซึ่งมีรายงานในระดับสรีรวิทยามาก่อนหน้านี้

ในพืชตระกูลถั่วโดยเฉพาะถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับถั่วลายเสือ ก็มีรายงานสนับสนุนรูปแบบการตอบสนองในลักษณะเดียวกัน Mathew และคณะ (2021) ทดสอบ 2,4-D ตั้งแต่ 5 ถึง 30 มก./ล. ในการชักนำแคลลัสจากชิ้นส่วนใบและใบเลี้ยงปราศจากคัพภะของถั่วลิสงพันธุ์ TMV (Gn) 13 พบว่าความเข้มข้น 5 มก./ล. ให้ประสิทธิภาพการชักนำแคลลัสสูงที่สุดถึง 97.22% และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงกว่านี้ ประสิทธิภาพกลับลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Debsharma และคณะ (2020) ที่พบว่าการเพิ่มความเข้มข้น 2,4-D จาก 1.0 เป็น 2.0 มก./ล. ในชิ้นส่วนใบเลี้ยงอ่อนของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

ข้อค้นพบจากงานวิจัยข้างต้นเป็นเหตุผลสำคัญที่งานวิจัยนี้เลือกทดสอบความเข้มข้น 2,4-D ในช่วง 3, 4 และ 5 มก./ล. ซึ่งอยู่ในช่วงใกล้เคียงและครอบคลุมระดับที่มีรายงานว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการชักนำแคลลัสในถั่วลิสง (5 มก./ล. ตาม Mathew และคณะ, 2021) เพื่อทดสอบว่าถั่วลายเสือซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองมีรูปแบบการตอบสนองต่อ 2,4-D ในช่วงความเข้มข้นดังกล่าวสอดคล้องกับที่รายงานในถั่วลิสงพันธุ์อื่นหรือไม่ ทั้งนี้ ความเข้มข้นของ 2,4-D ที่เหมาะสมยังคงมีความแตกต่างกันไปตามชนิดชิ้นส่วนและพันธุกรรมของพืชแต่ละสายพันธุ์ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป

2.4 อิทธิพลของตำแหน่งชิ้นส่วนพืชต่อการชักนำแคลลัส (Explant Position Effect)

ชิ้นส่วนพืชที่อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ของลำต้น เช่น ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนโคน มีความแตกต่างกันในด้าน

- **อายุทางสรีรวิทยา (physiological age)** ของเนื้อเยื่อ ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการแบ่งเซลล์
- **ระดับฮอร์โมนภายใน (endogenous hormone level)** โดยเฉพาะออกซิน และไซโทไคนินที่มีการกระจายตัวแบบไล่ระดับ ตามความสูงของลำต้น ซึ่งเป็นผลจากปรากฏการณ์ apical dominance

- **สัดส่วนของเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)** ที่มีศักยภาพในการตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตจากภายนอกแตกต่างกัน

ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการชักนำแคลลัสของชิ้นส่วนแต่ละตำแหน่งแตกต่างกัน แม้จะได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดและความเข้มข้นเดียวกันก็ตาม จึงจำเป็นต้องศึกษาผลร่วม (interaction effect) ระหว่างตำแหน่งชิ้นส่วนกับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อหาคู่สภาวะที่เหมาะสมที่สุด ข้อค้นพบทำนองเดียวกันนี้ปรากฏชัดในถั่วลิสงเช่นกัน โดย Mathew และคณะ (2021) รายงานว่าภายใต้ 2,4-D ความเข้มข้นเดียวกัน ชิ้นส่วนใบ และใบเลี้ยงปราศจากคัพภะให้ร้อยละการเกิดแคลลัสสูงถึง 97.22% ในขณะที่ชิ้นส่วน epicotyl ให้เพียง 44.44% เท่านั้น ยืนยันว่าแหล่งที่มา/ตำแหน่งของชิ้นส่วนพืชมีอิทธิพลสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าชนิดหรือความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต

2.5 อาหารสังเคราะห์สูตร MS (Murashige and Skoog Medium)

อาหารสูตร MS เป็นสูตรพื้นฐานที่นิยมใช้มากที่สุดในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง วิตามิน น้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอน และสารที่ทำให้อาหารแข็งตัว ซึ่งสามารถเสริมสารควบคุมการเจริญเติบโตตามวัตถุประสงค์ของการทดลองได้

2.6 แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in Completely Randomized Design)

แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Experiment) เป็นแผนการทดลองที่ศึกษาปัจจัย (factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปพร้อมกัน เพื่อทดสอบทั้งอิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัย และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยเหล่านั้น เมื่อจัดวางหน่วยทดลองแบบสุ่มตลอดพื้นที่ (Completely Randomized Design: CRD) จะเรียกว่าแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD) ซึ่งเหมาะสำหรับการทดลองในสภาพควบคุม เช่น ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีสภาพแวดล้อมสม่ำเสมอ ในงานวิจัยนี้ ปัจจัยที่ 1 คือความเข้มข้นของ 2,4-D มี 3 ระดับ และปัจจัยที่ 2 คือตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น 3 ตำแหน่ง รวมกับชุดควบคุม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยด้านการชักนำแคลลัสในถั่วลิสง และพืชตระกูลถั่วมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยมีข้อค้นพบที่สนับสนุนกรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้อยู่หลายประการ เช่น Mathew และคณะ (2021) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการชักนำแคลลัสในถั่วลิสงพันธุ์ TMV (Gn) 13 พบว่าการใช้ 2,4-D เพียงชนิดเดียวโดยไม่ต้องเสริมไซโทไคนินร่วมก็สามารถกระตุ้นให้เกิดแคลลัสได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง (สูงสุด 97.22% ที่ 5 มก./ล.) และยืนยันรูปแบบ dose-response ที่ความเข้มข้นเกินจุดเหมาะสมทำให้ประสิทธิภาพลดลง ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดหลักที่งานวิจัยนี้นำมาใช้กำหนดช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ คือ 3–5 มก./ล.

Debsharma และคณะ (2020) ศึกษาการชักนำแคลลัสจากใบเลี้ยงอ่อนของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ในประเทศบังกลาเทศ พบว่าการใช้ 2,4-D ร่วมกับไซโทไคนิน (BAP หรือ kinetin) ให้ผลดีกว่าการใช้ 2,4-D เพียงอย่างเดียว โดยได้ร้อยละการเกิดแคลลัสสูงสุดถึง 75% ที่ระดับ 1.5 มก./ล. 2,4-D ร่วมกับ 0.5 มก./ล. ไซโทไคนิน ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นแนวทางสำคัญสำหรับการวิจัยถั่วลายเสือในระยะต่อไป หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการชักนำแคลลัสให้สูงขึ้นกว่าที่ได้จาก 2,4-D เพียงอย่างเดียวตามที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ในระดับโมเลกุล การศึกษาของ Pacheco และคณะ (2026) ในมะละกอได้เปิดเผยกลไกเบื้องหลังปรากฏการณ์ dose-response ของ 2,4-D อย่างละเอียดด้วยเทคนิคโปรตีโอมิกส์เชิงปริมาณ พบว่าความ

เข้มข้นสูงของ 2,4-D กดการทำงานของโปรตีนในวิถีสัญญาณออกซิน กระบวนการโปรตีโอไลซิส และเมแทบอลิซึมที่จำเป็นต่อการปรับเปลี่ยนสภาพเซลล์ แม้จะศึกษาในพืชต่างวงศ์กับถั่วลายเสือ แต่กลไกระดับโมเลกุลนี้ให้กรอบความเข้าใจเชิงลึกที่ช่วยอธิบายว่าเหตุใดความเข้มข้น 2,4-D ที่สูงเกินไปจึงมักให้ผลด้อยกว่าความเข้มข้นระดับปานกลางในพืชหลายชนิด ซึ่งอาจรวมถึงแนวโน้มที่พบในถั่วลายเสือด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ Luo และคณะ (2024) ที่ศึกษาอัตราการเกิดแคลลัสแบบเอมบริโอเจนิกในถั่วลิสงถึง 353 พันธุ์ พบว่าอัตราการเกิดแคลลัสมีความแปรปรวนสูงระหว่างพันธุ์ (สัมประสิทธิ์การแปรผัน 33–36%) แม้อยู่ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงเดียวกันทุกประการ เป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุนว่าการชักนำแคลลัสในถั่วลิสงเป็นกระบวนการที่ขึ้นกับพันธุกรรม (genotype-dependent) อย่างมาก และเป็นกรอบอ้างอิงสำคัญสำหรับการตีความความแปรปรวนสูงที่อาจพบในผลการทดลองกับถั่วลายเสือซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองเฉพาะถิ่น

โดยสรุป งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับแนวโน้มการศึกษาในระดับสากล ทั้งในแง่ช่วงความเข้มข้นของ 2,4-D ที่เลือกทดสอบ กรอบทฤษฎีด้าน dose-response ซึ่งมีทั้งหลักฐานเชิงสรีรวิทยาและเชิงโมเลกุลรองรับ ตลอดจนแนวทางการต่อยอดงานวิจัยในอนาคตด้วยการเสริมไซโทไคนินหรือการพิจารณาปัจจัยพันธุกรรมร่วมด้วย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมพืชทดลอง

ต้นถั่วลายเสือที่ได้จากสถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ซึ่งเป็นต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้ออายุ 4 สัปดาห์ นำมาตัดชิ้นส่วนบริเวณลำต้นตามตำแหน่งที่กำหนด ให้มีขนาดความยาว 2–3 เซนติเมตร ภายในตู้ปลอดเชื้อ แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรที่เตรียมไว้ในแต่ละกรรมวิธี

3.2 การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

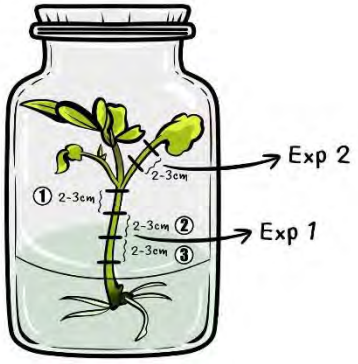
เตรียมอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เสริมด้วยวุ้น (gel gum) 8 กรัม/ลิตร ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 30 กรัม/ลิตร จากนั้นเติมสาร 2,4-D ตามระดับความเข้มข้นที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี ปรับค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของอาหารให้อยู่ที่ค่า 5.7 แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นานเป็นเวลา 15 นาที

3.3 แผนการทดลองและกรรมวิธี (Experimental Design and Treatments)

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 10 กรรมวิธี (treatment) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ (replication) ซ้ำละ 1 ชิ้นส่วน ดังนี้

<u>ปัจจัยที่ 1</u> ความเข้มข้นของ 2,4-D มี 3 ระดับ คือ 3, 4 และ 5 มิลลิกรัม/ลิตร

<u>ปัจจัยที่ 2</u> ตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น มี 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1, ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3



ภาพที่ 1 ภาพแสดงตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น มี 3 ตำแหน่ง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) รายละเอียดกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

ตำแหน่ง / สูตร	ตำแหน่งที่ 1 ลำต้นส่วนบน	ตำแหน่งที่ 2 ลำต้นส่วนกลาง	ตำแหน่งที่ 3 ลำต้นส่วนโคน
MS ชุดควบคุม	กรรมวิธีที่ 1		
MS + 2,4-D 3 mg/L	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4
MS + 2,4-D 4 mg/L	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6	กรรมวิธีที่ 7
MS + 2,4-D 5 mg/L	กรรมวิธีที่ 8	กรรมวิธีที่ 9	กรรมวิธีที่ 10

3.4 วิธีการเพาะเลี้ยง

นำชิ้นส่วนลำต้นถั่วลายเสือที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้ออายุ 4 สัปดาห์ ตัดด้วยใบมีดให้มีขนาดความยาว 2–3 เซนติเมตร ตามตำแหน่งที่กำหนด แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารในแต่ละกรรมวิธีภายในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นนำขวดเพาะเลี้ยงไปบ่มในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ควบคุมสภาพแวดล้อมดังนี้ อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60–80 และให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 50 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกข้อมูลทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 8 สัปดาห์

3.5 วิธีการเก็บข้อมูล (Data Collection)

- ร้อยละการเกิดแคลลัส (% callus induction) เก็บข้อมูลสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์
- ร้อยละการปนเปื้อน (% contamination) จากเชื้อราและแบคทีเรีย เก็บข้อมูลสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแคลลัส (เซนติเมตร) วัดจากภายนอกขวดเพาะเลี้ยงด้วยไม้บรรทัด
- น้ำหนักสดของแคลลัส (กรัม) ชั่งน้ำหนักเมื่อครบระยะเวลาเพาะเลี้ยง 8 สัปดาห์
- น้ำหนักแห้งของแคลลัส (กรัม) อบชิ้นส่วนแคลลัสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ก่อนชั่งน้ำหนัก

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Analysis)

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อทดสอบอิทธิพลหลักของความเข้มข้น 2,4-D อิทธิพลหลักของตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น และอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัย จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Fisher (Fisher's Least Significant Difference: LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

4. ผลการวิจัย

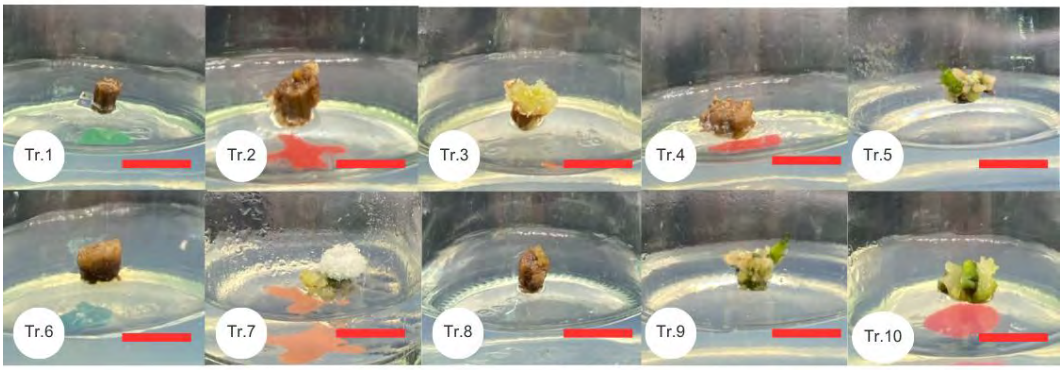
4.1 ผลของความเข้มข้น 2,4-D และตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้นต่อร้อยละการเกิดแคลลัส

จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนลำต้นถั่วลายเสือบนอาหารสูตร MS ร่วมกับ 2,4-D ที่ระดับความเข้มข้น 3, 4 และ 5 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น 3 ตำแหน่ง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าชุดควบคุม (ไม่เติม 2,4-D) ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้เลย ในขณะที่ทุกกรรมวิธีที่เติม 2,4-D สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ในช่วงร้อยละ 10–30 (ตารางที่ 2) โดยกรรมวิธีที่ 3 (2,4-D 3 มก./ล. ร่วมกับตำแหน่งที่ 2) ให้ร้อยละการเกิดแคลลัสสูงที่สุด (30%) รองลงมา คือกรรมวิธีที่ 4 (2,4-D 3 มก./ล. ร่วมกับตำแหน่งที่ 3) ที่ 20% ส่วนกรรมวิธีอื่นที่เหลือทั้งหมดให้ผลใกล้เคียงกันที่ 10%

ตารางที่ 2 ร้อยละการเกิดแคลลัส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแคลลัส ร้อยละการปนเปื้อน น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแคลลัส จากชิ้นส่วนลำต้นถั่วลายเสือในสภาพปลอดเชื้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร 2,4-D ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

กรรมวิธี	2,4-D (mg/L)	ตำแหน่ง	ร้อยละการเกิดแคลลัส	ร้อยละการปนเปื้อน	เส้นผ่าศูนย์กลางแคลลัส (ซม.)	น้ำหนักแคลลัส (g)	
						น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
1	ชุดควบคุม		-	10.00	-	-	-
2	3	1	10.00	40.00	0.017±0.054	0.025±0.079	0.0001±0.0003
3	3	2	30.00	30.00	0.068±0.123	0.051±0.086	0.0006±0.0011
4	3	3	20.00	20.00	0.024±0.053	0.025±0.053	0.0004±0.0008
5	4	1	10.00	30.00	0.006±0.019	0.013±0.041	0.0002±0.0006
6	4	2	10.00	40.00	0.009±0.029	0.016±0.051	0.0002±0.0006
7	4	3	10.00	50.00	0.009±0.029	0.015±0.047	0.0002±0.0006
8	5	1	10.00	40.00	0.013±0.041	0.014±0.073	0.0002±0.0006
9	5	2	10.00	30.00	0.012±0.038	0.017±0.054	0.0003±0.0009
10	5	3	10.00	20.00	0.013±0.041	0.019±0.060	0.0003±0.0009
$LSD_{0.05}$			ns	ns	ns	ns	ns

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$)



รูปภาพที่ 2 ลักษณะการเจริญ และพัฒนาการของแคลลัสจากชิ้นส่วนลำต้นถั่วลายเสือที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (แถบ = 1 เซนติเมตร)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า ไม่พบอิทธิพลหลักของความเข้มข้น 2,4-D อิทธิพลหลักของตำแหน่งชิ้นส่วนลำต้น หรืออิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักสด หรือน้ำหนักแห้งของแคลลัส ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงไม่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Fisher's LSD ต่อเนื่องจากตามหลักการทางสถิติ การทดสอบเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison) จะดำเนินการก็ต่อเมื่อผล ANOVA แสดงนัยสำคัญของ F-test มาก่อนเท่านั้น

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (coefficient of variation) ของทุกตัวแปรสูงมากถึง 180–530% ซึ่งเกิดจากลักษณะข้อมูลแบบ zero-inflated กล่าวคือ เนื่องจากอัตราการเกิดแคลลัสในแต่ละกรรมวิธีมีเพียง 10–30% ทำให้ชิ้นส่วนส่วนใหญ่ (70–90%) ในแต่ละกรรมวิธีไม่เกิดแคลลัสเลย และมีค่าขนาด น้ำหนักเท่ากับศูนย์ ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จึงถูกลดลงด้วยค่าศูนย์จำนวนมาก ปนกับชิ้นส่วนส่วนน้อยที่เกิดแคลลัสขนาดใหญ่ ทำให้ความแปรปรวนภายในกลุ่มสูงกว่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มอย่างมาก และบดบังความแตกต่างที่แท้จริง ระหว่างกรรมวิธี

4.2 ร้อยละการปนเปื้อน

ร้อยละการปนเปื้อนจากเชื้อราและแบคทีเรียในแต่ละกรรมวิธีอยู่ในช่วง 20–50% โดยชุดควบคุมมีการปนเปื้อนต่ำที่สุด (10%) ขณะที่กรรมวิธีที่ 7 (2,4-D 4 มก./ล. ร่วมกับตำแหน่งที่ 3) มีการปนเปื้อนสูงสุด (50%) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนตามตำแหน่งชิ้นส่วน พบว่าไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนสัมพันธ์กับตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ 1 = 36.7%, ตำแหน่งที่ 2 = 33.3%, ตำแหน่งที่ 3 = 30.0%) ซึ่งเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ เนื่องจากการปนเปื้อนเป็นผลจากกระบวนตัดชิ้นส่วนลำต้น และสภาพแวดล้อมขณะปฏิบัติงานมากกว่าจะขึ้นกับชนิดหรือความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหาร ค่าที่สูงผิดปกติในกรรมวิธีที่ 7 จึงมีแนวโน้มเป็นความแปรปรวนเฉพาะรอบการทดลองมากกว่าจะเป็นผลจากปัจจัยทดลอง

5. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากประเด็นปัญหาที่ว่าถั่วลายเสือ ซึ่งเป็นถั่วลิสงพันธุ์พื้นเมืองที่มีศักยภาพด้านสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ยังคงถูกจำกัดด้วยวิธีการขยายพันธุ์แบบดั้งเดิมด้วยเมล็ดที่ให้ความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมต่ำและใช้เวลานาน การชักนำแคลลัสจึงถูกกำหนดให้เป็นจุดตั้งต้นสำคัญของการพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสำหรับพืชชนิดนี้ เมื่อพิจารณาผลการทดลองย้อนกลับไปยังประเด็นปัญหาดังกล่าว ผลที่ได้ตอบโจทย์ในระดับหนึ่งแต่ก็เผยให้เห็นข้อจำกัดที่ต้องพัฒนาต่อไปเช่นกัน

การยืนยันหลักการ totipotency และบทบาทของ 2,4-D ผลที่ชัดเจนที่สุดของการศึกษานี้คือชุดควบคุมที่ไม่เติม 2,4-D ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้เลยตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในขณะที่ทุกกรรมวิธีที่เติม 2,4-D สามารถกระตุ้นให้เกิดแคลลัสได้ไม่มากก็น้อย ผลนี้ยืนยันหลักการ totipotency และบทบาทของ 2,4-D ในฐานะออกซินสังเคราะห์ที่กระตุ้นการแสดงออกของยีนควบคุมวัฏจักรเซลล์ตามที่ระบุไว้ในกรอบแนวคิดทฤษฎี (หัวข้อ 2.1 และ 2.3) ได้อย่างสอดคล้องกัน และเป็นการตอบโจทย์วัตถุประสงค์ข้อแรกของงานวิจัยในเชิงคุณภาพ คือ 2,4-D มีผลต่อการชักนำแคลลัสของถั่วลายเสืออย่างแน่นอน แม้จะยังไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าความเข้มข้นระดับใดดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

การตีความแนวโน้มตามหลักทฤษฎีการตอบสนองต่อฮอร์โมน (dose-response) แม้ผลทางสถิติจะไม่มีนัยสำคัญ แต่รูปแบบของค่าเฉลี่ยที่ได้ก็มีทิศทางที่สอดคล้องกับทฤษฎีอย่างน่าสนใจ กล่าวคือ ความเข้มข้น 2,4-D ที่ 3 มก./ล. ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่า 4 และ 5 มก./ล. ในทุกตัวชี้วัด ซึ่งเข้ากับหลักการตอบสนองแบบ bell-shaped dose-response ของออกซินสังเคราะห์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3 คือ เมื่อความเข้มข้นเกินระดับที่เหมาะสม ฤทธิ์กระตุ้นจะเริ่มเปลี่ยนเป็นฤทธิ์ยับยั้งหรือก่อความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ (phytotoxicity) ในทำนองเดียวกัน ตำแหน่งชิ้นส่วนที่ 2 (กึ่งกลางลำต้น) ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าตำแหน่งปลายยอดและโคนต้นในทุกตัวชี้วัดเช่นกัน ซึ่งสนับสนุนแนวคิดเรื่อง hormonal gradient และ apical dominance ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4 ว่าตำแหน่งกึ่งกลางลำต้นน่าจะมีความสมดุลของฮอร์โมนภายในและสัดส่วนเนื้อเยื่อเจริญที่เอื้อต่อการตอบสนองต่อ 2,4-D จากภายนอกมากกว่า อย่างไรก็ตาม แนวโน้มที่สอดคล้องกับทฤษฎีไม่ได้แปลว่ามีนัยสำคัญทางสถิติเสมอไป ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องระมัดระวังในการอภิปรายผล ทิศทางที่ถูกต้องตามทฤษฎีอาจเป็นเพียงเรื่องบังเอิญเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กเกินกว่าจะแยกสัญญาณออกจากความแปรปรวนตามธรรมชาติได้

การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เมื่อเทียบกับงานของ Luo et al. (2024) ที่ศึกษาการเกิดแคลลัสแบบเอมบริโอเจนิกในถั่วลิสงประชากรขนาดใหญ่ถึง 353 พันธุ์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV) ของอัตราการเกิดแคลลัสระหว่างพันธุ์สูงถึง 33–36% แม้อยู่ในสภาวะเพาะเลี้ยงเดียวกันทุกประการ แสดงให้เห็นว่าการเกิดแคลลัสในถั่วลิสงเป็นกระบวนการที่ขึ้นกับพันธุกรรม (genotype-dependent) อย่างมากอยู่แล้วโดยธรรมชาติ ความแปรปรวนสูงที่พบในการศึกษาครั้งนี้ (CV 180–530%) จึงไม่ใช่เรื่องผิดปกติ แต่เป็นลักษณะร่วมที่พบได้ทั่วไปในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อถั่วลิสง ในขณะเดียวกัน เมื่อเทียบกับงานของ พุทธรักษ์ และคณะ (2556) ที่ใช้ 2,4-D ชักนำแคลลัสจากเมล็ดข้าวได้ผลดี และงานของ เปรมฤดี และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลของขนาดชิ้นส่วนร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตในลักษณะแฟกทอเรียลใกล้เคียงกับการทดลองนี้ ก็พบรูปแบบร่วมกันว่าทั้งชนิดสารควบคุมการเจริญเติบโตและตำแหน่ง/ขนาดของชิ้นส่วนล้วนมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกับที่คาดตามทฤษฎี สนับสนุนว่ากรอบแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบการทดลองครั้งนี้มีความสมเหตุสมผลทางวิชาการ เพียงแต่ในกรณีของถั่วลายเสือ ระดับอิทธิพลอาจเล็กเกินกว่าจะตรวจพบได้อย่างมีนัยสำคัญด้วยขนาดตัวอย่างที่ใช้

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า 2,4-D เป็นปัจจัยจำเป็นต่อการชักนำแคลลัสจากชิ้นส่วนลำต้นถั่วลายเสือ เนื่องจากชุดควบคุมที่ไม่เติม 2,4-D ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้เลยตลอดการทดลอง ในเชิงพรรณนา กรรมวิธีที่ใช้ 2,4-D 3 มก./ล. ร่วมกับชิ้นส่วนตำแหน่งกึ่งกลางลำต้นมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของทุกตัวชี้วัดสูงกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และอัตราการเกิดแคลลัสโดยรวมยังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (10–30%) ผลการศึกษานี้จึงถือเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ขั้นต้นว่าเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับถั่วลายเสือได้จริง แต่ยังต้องการการพัฒนาสูตรอาหาร และเงื่อนไขเพิ่มเติมก่อนนำไปใช้ในระดับที่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการขยายพันธุ์เชิงพาณิชย์หรือการอนุรักษ์พันธุกรรมอย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะเชิงประยุกต์ใช้ จากผลการวิจัยข้างต้น มีข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1. สำหรับการพัฒนาโพรโทคอลต่อไป ควรใช้ความเข้มข้น 2,4-D 3 มก./ล. ร่วมกับชิ้นส่วนตำแหน่งกึ่งกลางลำต้นเป็นจุดตั้งต้น ในการปรับแต่งสูตรอาหารรอบต่อไป เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (แม้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) และใช้ความเข้มข้นของฮอร์โมนต่ำที่สุดในบรรดาที่ทดสอบ ซึ่งช่วยลดต้นทุนและความเสี่ยงต่อความเป็นพิษของเนื้อเยื่อ
2. สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการชักนำแคลลัส เนื่องจากอัตราการเกิดแคลลัสด้วย 2,4-D เพียงอย่างเดียวยังต่ำ ควรทดลองใช้ 2,4-D ร่วมกับไซโทไคนิน (เช่น BA หรือ Kinetin) ในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามแนวทางที่มีรายงานในถั่วลิสงชนิดอื่น รวมถึงทดสอบชิ้นส่วนชนิดอื่นที่อาจตอบสนองได้ดีกว่าลำต้น เช่น ใบอ่อนหรือชิ้นส่วนเอ็มบริโอ เพื่อเพิ่มโอกาสในการค้นพบสูตรที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
3. สำหรับการควบคุมคุณภาพการทดลอง ควรปรับปรุงขั้นตอนการฟอกฆ่าเชื้อเพื่อลดอัตราการปนเปื้อนที่ยังสูงอยู่ (20–50%) และเพิ่มจำนวนซ้ำต่อกรรมวิธีในการทดลองครั้งต่อไป เพื่อเพิ่มอำนาจการทดสอบทางสถิติให้สามารถตรวจจับความแตกต่างที่แท้จริงได้ดียิ่งขึ้น
4. สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงอนุรักษ์และต่อยอด ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเบื้องต้นสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พันธุกรรมถั่วลายเสือในฐานะพืชอัตลักษณ์ท้องถิ่นที่มีศักยภาพด้าน GI โดยสามารถใช้เป็นแนวทางเริ่มต้นในการจัดทำธนาคารเชื้อพันธุ์ ผ่านเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ควบคู่ไปกับการวิจัยต่อยอดเพื่อยกระดับประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้นในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือ ห้องปฏิบัติ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช และขอขอบคุณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ที่สนับสนุนห้องควบคุมอุณหภูมิ สำหรับเพาะเลี้ยงในการดำเนินการทดลองครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

เปรมฤดี ดำยศ, เบญจวรรณ ชูสิริ, และกาญจนี เตชะวรรักษ์. (2560). ผลของขนาดยอดและความเข้มข้นของเบนซิลอะดินีนต่อการพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่จากยอดพุดน้ำ. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร*, 1(1), 17-24.

พุทธรักษ์ ภ, อยู่คง ว, จันทร์เดช ร, วงศ์สวัสดิ์ พ, และสงวนเสริมศรี ม. (2556). การชักนำแคลลัสจากการเพาะเลี้ยงเมล็ดของข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6. *Health Science, Science and Technology Reviews*, 6(2), 100-105.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ. (2545). *การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช: หลักการและเทคนิค* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Debsharma, S. K., Roy, K. K., Ghosh, S. R., Razzak, M. A., Nath, U. K., & Azad, A. K. (2020). In vitro callus development and plant regeneration from immature cotyledons—the best technology for sustainable groundnut (*Arachis hypogaea* L.) production in the modern era. *International Journal of Experimental Agriculture*, 10(1), 26-37.

Hopkins, W. G. (1999). *Introduction to plant physiology* (2nd ed.). New York: John Wiley and Sons, Inc.

Luo, D., Shi, L., Sun, Z., Qi, F., Liu, H., Xue, L., Li, X., Liu, H., Qu, P., Zhao, H., Dai, X., Dong, W., Zheng, Z., Huang, B., Fu, L., & Zhang, X. (2024). Genome-wide association studies of embryogenic callus induction rate in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Genes*, 15(2), 160. doi: 10.3390/genes15020160

Mathew, F. A., Rajesh, S., Rajagopal, B., & Chandirakala, R. (2021). Studies on factors influencing callus induction in elite groundnut (*Arachis hypogaea*) cultivar TMV (Gn) 13. *Biological Forum – An International Journal*, 13(2), 540-545.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.

Pacheco, D. D. R., Xavier, L. R., da Silva, C. E. A., da Paschoa, R. P., Santa-Catarina, C., & Silveira, V. (2026). Protein networks mediating embryogenic callus induction in *Carica papaya* L. respond to dose-dependent 2,4-dichlorophenoxyacetic acid treatment. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 165, 24. doi: 10.1007/s11240-026-03434-x

Vacu, M. V., Nzama, P. S., & Adegbaju, M. S. (2025). Insights on the utilisation of tissue culture to aid new breeding techniques for cowpea (*Vigna unguiculata* L.) improvement. *Frontiers in Horticulture*, 4, 1520119. doi: 10.3389/fhort.2025.1520119

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย

ยพรัตน์ อิ่มพิทักษ์

คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ 128 ถ. ห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

* yopharat@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของเกษตรกรแปลงใหญ่ผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรกรสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดำเนินการเพาะปลูกในปีการผลิต 2567/2568 จำนวน 30 ราย ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร่วมกับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการผลิต

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 51–60 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา และมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 17 ปี ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 3,479.77 บาทต่อไร่ โดยเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 3,168.60 บาทต่อไร่ และต้นทุนคงที่เฉลี่ย 311.17 บาทต่อไร่ เกษตรกรมีรายได้รวมเฉลี่ย 6,771.27 บาทต่อไร่ และมีกำไรสุทธิเฉลี่ย 3,291.50 บาทต่อไร่ อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุนร้อยละ 94.59 อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายร้อยละ 48.61 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) เท่ากับ 1.95 ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการผลิต การบริหารจัดการต้นทุน และการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระดับพื้นที่ได้

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ต้นทุนการผลิต, ผลตอบแทน, เกษตรกรแปลงใหญ่

Cost and Return Analysis of Feed Corn Production among Large-Scale Corn Farmers in Taling Chan Subdistrict, Ban Dan Lan Hoi District, Sukhothai Province

Yopharat Imphitak

128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* yopharat@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the general characteristics of large-scale feed corn farmers and analyze the production costs and returns of feed corn production in Taling Chan Subdistrict, Ban Dan Lan Hoi District, Sukhothai Province. The sample consisted of 30 farmers who were members of the large-scale feed corn farming group and cultivated feed corn during the 2024/2025 production season. The sample was selected using purposive sampling. Data were collected through structured interviews and analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean, and standard deviation, together with cost and return analysis.

The results revealed that most farmers were male, aged between 51 and 60 years, had completed primary education, and had an average of 17 years of experience in feed corn cultivation. The average production cost was 3,479.77 Baht per rai, consisting of 3,168.60 Baht per rai in variable costs and 311.17 Baht per rai in fixed costs. The average total revenue was 6,771.27 Baht per rai, while the average net profit was 3,291.50 Baht per rai. The net profit to cost ratio was 94.59%, the net profit margin was 48.61%, and the benefit-cost ratio (BCR) was 1.95. The findings indicate that feed corn production in the study area is economically viable and can provide useful information for production planning, cost management, and the promotion of feed corn production at the local level.

Keywords: Feed Corn, Production Cost, Return, Large-Scale Farmers

1. บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์และปศุสัตว์ข องประเทศไทย โดยมีความต้องการใช้ผลผลิตประมาณ 7.41 ล้านตันต่อปี แต่ประเทศไทยสามารถผลิตได้เพียงประมาณ 4.62 ล้านตันต่อปี ส่งผลให้เกิดภาวะขาดแคลนวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2563) นอกจากนี้ การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในหลายพื้นที่ยังประสบปัญหาการปลูกในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม การบุกรุกพื้นที่ป่า การชะล้างพังทลายของดิน และปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร

กรมส่งเสริมการเกษตรจึงมีนโยบายส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่เหมาะสม โดยเฉพาะพื้นที่หลังฤดูทำนา เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร (สำนักงานเลขานุการกรม กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) จังหวัดสุโขทัยเป็นหนึ่งในพื้นที่สำคัญในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยในปีเพาะปลูก 2563/2564 มีพื้นที่ปลูกจำนวน 101,254 ไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ย 676.40 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานสถิติจังหวัดสุโขทัย, 2564) ทั้งนี้ อำเภอบ้านด่านลานหอยเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุดของจังหวัด โดยเฉพาะตำบลตลิ่งชันที่ได้รับการส่งเสริมเป็นแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการรวมกลุ่มเกษตรกรในรูปแบบแปลงใหญ่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการบริหารจัดการด้านการเกษตร แต่ยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนที่เกษตรกรได้รับ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนการผลิตและการตัดสินใจทางเศรษฐกิจของเกษตรกร ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ในตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการพัฒนาการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรในพื้นที่

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของเกษตรกรแปลงใหญ่ผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย
2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ในตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จัดเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ ปลูกได้ตั้งแต่เขตอากาศอบอุ่น เขตอากาศกึ่งร้อนชื้น และพื้นที่ราบเขตร้อน สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมที่กว้างขวาง ตั้งแต่เขตละติจูด 55 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นับเป็นพืชไร่ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพ ที่จะใช้ปลูกในพื้นที่นาหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี เนื่องจากมีอายุสั้นประมาณ 100-120 วัน และใช้น้ำน้อยกว่าการทำนาประมาณ 2-3 เท่า นอกจากนี้ยังเป็นการลดการระบาดของโรคและแมลง

รวมทั้งเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการทั้งในประเทศและการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ โดยมีขั้นตอนการปลูกดังนี้

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุนการผลิตทางการเกษตร

การบันทึกบัญชีต้นทุนการเกษตรเป็นการจัดทำข้อมูลตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นการผลิตจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตมาจำหน่าย เพื่อใช้ในการวางแผนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เริ่มจากวิธีการลงบัญชีรับ-จ่าย ในแต่ละวันของเกษตรกรในครัวเรือน ค่าใช้จ่ายในการประกอบอาชีพ เช่น ค่าไถเตรียมดิน ค่าพันธุ์พืช ค่าปุ๋ย ค่ายา ค่าจ้างแรงงาน การลงทุนเครื่องจักร ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูงและสามารถใช้เครื่องจักรเหล่านี้ได้เป็นเวลานาน เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องฉีดพ่นยา โดยนำรายจ่ายเหล่านี้มารวมกันเพื่อให้รู้ต้นทุนที่จะต้องจ่ายด้วยการบันทึกรายรับ-รายจ่าย ทำให้ทราบถึงที่มาของรายได้และรายจ่ายที่เกษตรกรต้องวางแผนค่าใช้จ่าย เพื่อให้การเพาะปลูกดำเนินการไปถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อจำหน่ายต่อไป

การบันทึกบัญชีต้นทุนการเกษตร ต้นทุนผลิตจะแยกบันทึกบัญชีออกตามลักษณะต่างๆ ของต้นทุน เช่น วัตถุดิบ แรงงาน การผลิต เป็นต้น ถ้าหากในการเพาะปลูกนั้นจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบหลายชนิดก็ควรแยกบัญชีต้นทุนออกตามชนิดนั้นๆ ด้วย ทั้งนี้จะมีต้นทุนในส่วนของค่าเช่า ค่าประกันภัย

ค่าบำรุงรักษา ค่าเสื่อมราคา ค่าวัสดุต่างๆ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การบันทึกบัญชีต้นทุนการเกษตรสำหรับรายการต่างๆ ที่ใช้อยู่เป็นประจำ สำหรับการบันทึกต้นทุนสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

1. บัญชีต้นทุนวัตถุดิบ สำหรับบันทึกรับเข้าและเบิกวัตถุดิบไปใช้โดยมีบัญชีแยกประเภทย่อยสำหรับวัตถุแต่ละชนิด

2. บัญชีต้นทุนค่าแรงงาน ใช้บันทึกค่าแรงงานของคนงานแต่ละคน

3. บัญชีต้นทุนการผลิต สำหรับบันทึกค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต ปกติเมื่อเกิดรายจ่ายขึ้นจะบันทึกไว้ในบัญชีค่าใช้จ่ายประเภทนั้นๆ

การจัดประเภทของต้นทุนเพื่อการวางแผน ควบคุม และตัดสินใจลงทุน ต้นทุนที่ใช้ในการควบคุมตามวัตถุประสงค์สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

ต้นทุนผันแปร เป็นต้นทุนที่มีต้นทุนรวมเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงในระดับปริมาณการผลิตในขณะที่ต้นทุนต่อหน่วยจะคงที่เท่ากันทุกๆ หน่วย ซึ่งต้นทุนผันแปรสามารถควบคุมได้

ต้นทุนคงที่ เป็นต้นทุนที่มีพฤติกรรมคงที่ หมายถึงต้นทุนรวมที่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับการผลิตระดับหนึ่งแต่ต้นทุนต่อหน่วยจะเปลี่ยนแปลงในทางลดลงตามปริมาณการผลิตที่มากขึ้น

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับผลตอบแทนทางการเกษตร

ผลตอบแทนทางการเกษตรพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิตและรายได้ที่ได้รับจากการจำหน่ายผลผลิต ผลตอบแทนที่เหมาะสมสะท้อนถึงประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการผลิตทางการเกษตร

1. รายได้รวม (Total Revenue) รายได้รวมเป็นมูลค่าของผลผลิตทั้งหมดที่เกษตรกรได้รับจากการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรภายในรอบการผลิตหนึ่ง ๆ

2. กำไรสุทธิ (Net Profit) กำไรสุทธิเป็นผลต่างระหว่างรายได้รวมกับต้นทุนการผลิตทั้งหมด ซึ่งสะท้อนถึงผลตอบแทนที่แท้จริงจากการดำเนินการผลิต

3. อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุน (Net Profit to Cost Ratio) อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุนเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการสร้างกำไรเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

$$\text{อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุน} = \frac{\text{กำไรสุทธิ}}{\text{ต้นทุนรวม}} \times 100$$

4. อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขาย (Net Profit Margin) อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายแสดงสัดส่วนของกำไรสุทธิที่ได้รับจากรายได้หรือยอดขายทั้งหมดของกิจการ

$$\text{อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขาย} = \frac{\text{กำไรสุทธิ}}{\text{ยอดขายรวม}} \times 100$$

5. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการผลิต โดยเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนที่ได้รับกับต้นทุนที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด

$$\text{อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน} = \frac{\text{รายได้รวม}}{\text{ต้นทุนรวม}}$$

2.4 การทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิต ผลตอบแทน และการใช้เทคโนโลยีในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของเกษตรกรมีความแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ปัจจัยการผลิต และรูปแบบการจัดการการผลิตของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่

กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง และธัญญรัตน์ ไชยปิง (2564) ได้ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 6,850.96 บาทต่อไร่ และมีผลตอบแทนเฉลี่ย 10,599.94 บาทต่อไร่ ส่งผลให้มีกำไรสุทธิ 3,748.98 บาทต่อไร่ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการควบคุมต้นทุนการผลิตและการจัดการปัจจัยการผลิตอย่างเหมาะสมมีส่วนสำคัญต่อความสามารถในการทำกำไรของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

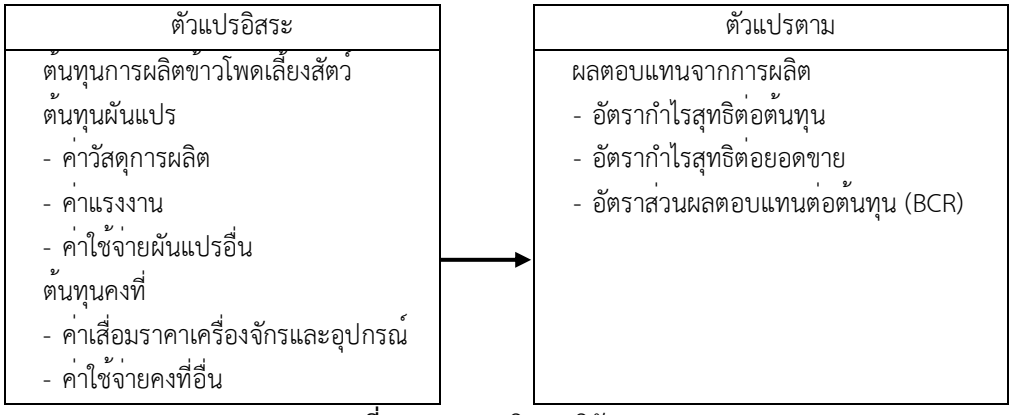
ดวงกมล สิทธิมงคล (2565) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ พบว่า เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตร การสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ และมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิต มีแนวโน้มยอมรับเทคโนโลยีในระดับสูง โดยเทคโนโลยีที่เกษตรกรให้ความสำคัญ ได้แก่ การใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสม การจัดการดินและปุ๋ยตามความต้องการของพืช และการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สมพงษ์ พรมที นารีรัตน์ สีระสาร และบำเพ็ญ เขียวหวาน (2565) ได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า เกษตรกรยังมีความต้องการความรู้ด้านการจัดการปัจจัยการผลิต การใช้สารเคมีอย่างเหมาะสม และการเลือกใช้พันธุ์ข้าวโพดที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ ทั้งนี้ การได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้

นอกจากนี้ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร (2567) รายงานว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย และการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตควบคู่กับการบริหารจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นปัจจัยสำคัญในการยกระดับศักยภาพการผลิตและความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรในระยะยาว

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว พบว่า ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทน และการใช้เทคโนโลยีการผลิต เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะการจัดการปัจจัยการผลิต การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และการบริหารต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ จะช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการผลิต การบริหารจัดการต้นทุน และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระดับพื้นที่ต่อไป

2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เกษตรกรสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย จำนวน 34 ราย (กลุ่มแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตำบลตลิ่งชัน, 2566) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มแปลงใหญ่และดำเนินการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีการผลิต 2567/2568 จำนวน 30 ราย โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การถือครองที่ดิน และแหล่งเงินทุน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วย พื้นที่เพาะปลูก พันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ ปัจจัยการผลิต และกระบวนการผลิต

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน ค่าพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ค่าแรงงาน ค่าเก็บเกี่ยว ผลผลิต รายได้ และผลตอบแทนจากการผลิต

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร รายงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล ก่อนนำมาจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ประกอบด้วย ต้นทุนรวม รายได้รวม กำไรสุทธิ อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุน อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขาย และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 51–60 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพหลักคือการทำนา และมีอาชีพเสริมเป็นการรับจ้างทั่วไป สมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน โดยมีสมาชิกที่มีส่วนร่วมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 1 คน เกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 17 ปี และใช้แหล่งเงินทุนจากเงินทุนส่วนตัวร่วมกับการกู้ยืมจากญาติพี่น้อง

ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเจ้าของที่ดิน มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระหว่าง 11–20 ไร่ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ดอน และมีลักษณะดินร่วนปนทราย โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการวิเคราะห์ดินก่อนการเพาะปลูก ใช้พันธุ์ข้าวโพดลูกผสมของภาคเอกชน มีอัตราการใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 4.41 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้รถแทรกเตอร์ร่วมกับเครื่องปลูกอัตโนมัติในการเพาะปลูก สำหรับการจัดการธาตุอาหารพืช เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 เป็นปุ๋ยรองพื้น และสูตร 46-0-0 เป็นปุ๋ยแต่งหน้า การกำจัดวัชพืชใช้สารเคมีเป็นหลัก ส่วนการเก็บเกี่ยวใช้เครื่องเกี่ยวนวดอัตโนมัติ และจำหน่ายผลผลิตในรูปเมล็ดทันทีหลังการเก็บเกี่ยว โดยเศษซากพืชหลังเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่

รายการต้นทุน	จำนวนเงินเฉลี่ย (บาท/ไร่)	ร้อยละ
ต้นทุนผันแปร		
1. ค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน	732.48	21.05
2. ค่าเมล็ดพันธุ์	999.96	28.74
3. ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูก	173.89	5.00
4. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา	403.28	11.59
5. ค่าใช้จ่ายในการฉีดยาปราบวัชพืชและศัตรูพืช	255.66	7.35
6. ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว	603.33	17.34
รวมต้นทุนผันแปร	3,168.60	91.06
ต้นทุนคงที่		
7. ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์	309.17	8.89
8. ค่าภาษีที่ดิน	2.00	0.05
รวมต้นทุนคงที่	311.17	8.94
รวมต้นทุนการผลิตทั้งหมด	3,479.77	100.00

จากตารางที่ 2 พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 3,479.77 บาทต่อไร่ ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 3,168.60 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 91.06 ของต้นทุนทั้งหมด และต้นทุนคงที่เฉลี่ย 311.17 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.94 โดยค่าเมล็ดพันธุ์เป็นต้นทุนที่สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 28.74 ของต้นทุนรวม รองลงมาได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน ร้อยละ 21.05 และค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว ร้อยละ 17.34 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

รายการ	ค่าเฉลี่ย
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	1,002.54
ราคาขาย (บาท/กิโลกรัม)	6.79
รายได้รวม (บาท/ไร่)	6,771.27
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	3,479.77
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	3,291.50
อัตรากำไรสุทธิต่อยอดขาย (%)	48.61
อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุน (%)	94.59
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.95

จากตารางที่ 3 พบว่า เกษตรกรมีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 1,002.54 กิโลกรัมต่อไร่ และราคาจำหน่ายเฉลี่ย 6.79 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้มีรายได้รวมเฉลี่ย 6,771.27 บาทต่อไร่ เมื่อหักต้นทุนการผลิตรวมเฉลี่ย 3,479.77 บาทต่อไร่ ทำให้มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 3,291.50 บาทต่อไร่ โดยมีอัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายร้อยละ 48.61 อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุนร้อยละ 94.59 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.95 แสดงว่าการลงทุน 1 บาท สามารถสร้างรายได้กลับคืนได้ 1.95 บาท สะท้อนว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษามีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 51–60 ปี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา และมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 17 ปี สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการผลิตและมีความคุ้นเคยกับการจัดการการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างดี ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ สมพงษ์ พรมที นารีรัตน์ สีระสาร และบำเพ็ญ เขียวหวาน (2565) ที่พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมมาเป็นเวลานาน และอาศัยความรู้จากการปฏิบัติจริงร่วมกับการได้รับคำแนะนำจากหน่วยงานภาครัฐในการพัฒนาการผลิต

ด้านต้นทุนการผลิต พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตรวมเฉลี่ย 3,479.77 บาทต่อไร่ โดยเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 3,168.60 บาทต่อไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 91.06 ของต้นทุนทั้งหมด ซึ่งค่าเมล็ดพันธุ์เป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเตรียมดินและค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรนิยมใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพการผลิต ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง และธัญญรัตน์ ไชยปิง (2564) ที่พบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่เกิดจากค่าใช้จ่ายด้านปัจจัยการผลิตและกิจกรรมการเพาะปลูก ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อระดับกำไรของเกษตรกร

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรในการเตรียมดิน การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว รวมทั้งเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมของภาคเอกชน แต่ยังไม่มีการวิเคราะห์ดินก่อนการเพาะปลูกอย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับ ดวงกมล สิทธิมงคล (2565) ที่พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต โดยเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารและการสนับสนุนทางวิชาการจากหน่วยงานภาครัฐมีแนวโน้มยอมรับเทคโนโลยีการผลิตในระดับสูง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและความสามารถในการแข่งขันทางการเกษตร

ด้านผลตอบแทนจากการผลิต พบว่า เกษตรกรมีผลผลิตเฉลี่ย 1,002.54 กิโลกรัมต่อไร่ มีรายได้รวมเฉลี่ย 6,771.27 บาทต่อไร่ และมีกำไรสุทธิเฉลี่ย 3,291.50 บาทต่อไร่ โดยมีอัตรากำไรสุทธิต่อยอดขายร้อยละ 48.61 อัตรากำไรสุทธิต่อต้นทุนร้อยละ 94.59 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) เท่ากับ 1.95 แสดงว่าการลงทุน 1 บาท สามารถสร้างผลตอบแทนกลับคืนได้ 1.95 บาท สะท้อนให้เห็นว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรแปลงใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง และธัญญรัตน์ ไชยปิง (2564) ที่พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังคงสามารถสร้างกำไรสุทธิและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจให้แก่เกษตรกรได้ แม้จะมีต้นทุนการผลิตในระดับค่อนข้างสูงก็ตาม

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะการควบคุมต้นทุนด้านเมล็ดพันธุ์ การเตรียมดิน และการเก็บเกี่ยว ควบคู่กับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร (2567) ที่ระบุว่า การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์มเป็นปัจจัยสำคัญในการยกระดับศักยภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยให้สามารถแข่งขันได้ในระยะยาว

จากผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของต้นทุนผันแปร โดยเฉพาะค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าเตรียมดิน และค่าเก็บเกี่ยว ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้เกษตรกรมีการวางแผนการใช้ปัจจัยการผลิตอย่างเหมาะสม สนับสนุนการวิเคราะห์ดินก่อนการเพาะปลูก และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิต และเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของเกษตรกรอย่างยั่งยืน รวมทั้งส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรในการจัดซื้อปัจจัยการผลิตเพื่อเพิ่มอำนาจการต่อรองและลดต้นทุนการผลิตในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อค้นหาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำกำไรของเกษตรกร

2. ควรศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกกิจกรรมทางการเกษตรที่เหมาะสม

3. ควรศึกษาระบบการตลาดและปัจจัยด้านราคาที่มีผลต่อรายได้ของเกษตรกร เพื่อหาแนวทางเพิ่มมูลค่าผลผลิตและสร้างความมั่นคงทางรายได้ให้แก่เกษตรกร

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร โดยเฉพาะการจัดหาเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย และปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพในราคาที่เหมาะสม รวมทั้งส่งเสริมการเข้าถึงแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำสำหรับการผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้ ควรพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอต่อการเพาะปลูก และส่งเสริมระบบตลาดที่เป็นธรรมเพื่อให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่เหมาะสมจากการจำหน่ายผลผลิต อันจะนำไปสู่การยกระดับรายได้และความมั่นคงทางเศรษฐกิจของเกษตรกรในระยะยาว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรแปลงใหญ่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตำบลตลิ่งชัน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2563). ห่วงโซ่คุณค่าของข้าวโพด. สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2566, จาก https://bioinnovationlinkage.oie.go.th/a_AttachPlant/Plant_5_20220727_115523_1.pdf

สำนักงานเลขานุการกรม กรมส่งเสริมการเกษตร. (2563). แนวทางการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังฤดูทำนา. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

สำนักงานสถิติจังหวัดสุโขทัย. (2564). รายงานสถิติจังหวัดสุโขทัย พ.ศ. 2564. สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2566, จาก https://drive.google.com/file/d/1bJQzpF60YzM7zNeftx38DZCOJEGvrnEa/view

กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง, และธัญญรัตน์ ไชยปิง. (2564). ต้นทุนและผลตอบแทนของผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน. วารสารการวิจัยกาสะลองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 15(2), 27-37.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). ข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2565. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2566, จาก https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/jounal/2566/commodity2565.pdf

ดวงกมล สิทธิมงคล. (2565). ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. สืบค้นจาก https://ir.stou.ac.th/bitstream/123456789/13590/1/2659000273.pdf

สมพงษ์ พรมที, นารีรัตน์ สีระสาร, และบำเพ็ญ เขียวหวาน. (2565). แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี. Journal of Roi Kaensarn Academi, 7(10), 332-347.

สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2567). การวิจัยเพื่อพัฒนาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไทย. สืบค้นเมื่อ 14 มิถุนายน 2569, จาก https://prt.parliament.go.th/server/api/core/bitstreams/d0dcd6c7-589a-4c11-bc3a-f7a77e313226/content



ป้ายสื่อสารภาษาจีนต่อข้อกำหนดด้านสัมภาระและประสิทธิภาพการให้บริการ กรณีศึกษา: สายการบินต้นทุนต่ำ

พีรยา สมศักดิ์ จิรัชญา บาลเย็น และ ธาณุพรรณ ณ สงขลา*

วิชาเอกธุรกิจการค้าและบริการ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ : 0-53921-444

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลของการใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีนต่อความเข้าใจข้อกำหนดด้านสัมภาระของผู้โดยสารชาวจีน และ (2) เปรียบเทียบระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินของผู้โดยสารชาวจีนก่อนและหลังการใช้ป้ายสื่อสาร ณ เคาน์เตอร์เช็คอินภายในประเทศของสายการบินต้นทุนต่ำ ท่าอากาศยานเชียงใหม่ งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) กลุ่มตัวอย่างคือผู้โดยสารชาวจีนจำนวน 557 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม (ไม่มีป้ายสื่อสาร) จำนวน 350 คน และกลุ่มทดลอง (มีป้ายสื่อสารภาษาจีน) จำนวน 207 คน โดยแบ่งช่วงเวลาการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงเย็น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยป้ายสื่อสารภาษาจีนที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.67–1.00 และผ่านการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคได้ค่าเท่ากับ 0.85 ควบคู่กับแบบบันทึกเวลาและพฤติกรรมการเช็คอิน ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการใช้ป้ายสื่อสาร กระบวนการเช็คอินมีความล่าช้าเนื่องจากอุปสรรคทางภาษา แต่ภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาจีน ระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการผู้โดยสารลดลงจาก 0.84 นาทีต่อคน เป็น 0.72 นาทีต่อคน คิดเป็นระยะเวลาที่ลดลงร้อยละ 14.15 แสดงให้เห็นว่าป้ายสื่อสารทำหน้าที่เป็นช่องทางที่ช่วยลดอุปสรรคในการสื่อสาร ทำให้ผู้โดยสารสามารถทำความเข้าใจข้อกำหนดได้ด้วยตนเองล่วงหน้า ส่งผลให้พนักงานลดการอธิบายซ้ำซ้อน และเพิ่มประสิทธิภาพความคล่องตัวในกระบวนการให้บริการเช็คอินได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ ป้ายสื่อสารภาษาจีน, สัมภาระและกฎระเบียบ, การเช็คอิน, ผู้โดยสารชาวจีน, สายการบินต้นทุนต่ำ

The Effect of Chinese-Language Communication Signage on Baggage Regulations and Service Efficiency: A Case Study of a Low-Cost Airline

Peeraya Somsak Jiratchaya Banyen and Thanupun Na Songkhla *

Trade and service business Faculty of Business Administration and Liberal Arts

Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai

128 Huaykaew Road, Tambon Sutep, Muang, Chaing mai, Thailand 50300

*E-mail: Thaupun.na@rmutl.ac.th

Abstract

This study aimed to (1) examine the effect of Chinese-language communication signage on Chinese passengers' understanding of baggage regulations, and (2) compare check-in service time for Chinese passengers before and after the implementation of communication signage at a domestic check-in counter of a low-cost airline at Chiang Mai International Airport. A quantitative quasi-experimental design was employed. The sample comprised 557 Chinese passengers, divided into a control group (without signage, n = 350) and an experimental group (with Chinese-language signage, n = 207). periods: morning, afternoon, and evening. The research instruments consisted of Chinese-language communication signage, which was validated for content validity by three experts using the Index of Item-Objective Congruence (IOC), yielding values ranging from 0.67 to 1.00, and tested for reliability using Cronbach's alpha coefficient, yielding a value of 0.85, together with a time and check-in behavior recording form. The results revealed that, prior to the implementation of the signage, the check-in process was delayed due to language barriers. However, following the installation of the Chinese-language signage, the mean service time per passenger decreased from 0.84 to 0.72 minutes, representing a 14.15% reduction. These findings indicate that the communication signage functioned as a channel that reduced communication barriers, enabling passengers to understand the regulations independently in advance. This, in turn, reduced the need for staff to provide repeated explanations and led to a tangible improvement in the efficiency and fluidity of the check-in service process.

Keywords: Chinese-language communication signage; baggage regulations; check-in process; Chinese passengers; low-cost airline

1.บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการบินมีบทบาทสำคัญต่อการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นจุดหมายปลายทางยอดนิยมของนักท่องเที่ยวต่างชาติ โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวจีน ซึ่งเป็นตลาดนักท่องเที่ยวต่างชาติที่ใหญ่ที่สุด ตลาดหนึ่งของไทยอย่างไรก็ตามข้อมูลจากการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย ชี้ว่านักท่องเที่ยวชาวจีนในปี 2568 มีจำนวนประมาณ 4.47 ล้านคน ลดลงราวร้อยละ 34 จาก 6.73 ล้านคนในปี 2567 ก่อนที่จะเริ่มมีสัญญาณฟื้นตัวในบางช่วงของปี 2569 (กองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬา, 2569) แม้จำนวน นักท่องเที่ยวชาวจีนจะผันผวนตามสถานการณ์แต่ยังคงเป็นกลุ่มผู้โดยสารสำคัญที่สายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทยต้องให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในขั้นตอนการเช็คอินซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการให้บริการ ที่สร้างความประทับใจให้กับผู้โดยสาร

การให้บริการของสายการบินต้นทุนต่ำที่มีผู้โดยสารจำนวนมากต่อวัน พบว่า การเช็คอินใช้เวลานานกว่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น โดยเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีเที่ยวบินจำนวนมากออกใกล้เคียงกัน สาเหตุสำคัญมาจากปัญหาการสื่อสารระหว่างพนักงานกับผู้โดยสารชาวต่างชาติ โดยเฉพาะผู้โดยสารชาวจีนซึ่งไม่สามารถสื่อสารภาษาอังกฤษได้ดี ทำให้พนักงานต้องอธิบายกฎระเบียบด้านสัมภาระซ้ำหลายครั้ง หรือต้องใช้วิธีสื่อสารทดแทน เช่น ภาษามือ หรือเครื่องมือแปลแบบไม่เป็นทางการ ส่งผลให้กระบวนการเช็คอินล่าช้า เกิดคิวสะสมยาว และกระทบต่อความคล่องตัวของระบบการให้บริการโดยรวม ทั้งยังส่งผลให้พนักงานทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และอาจกระทบต่อเวลาการเดินทางของเที่ยวบินด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำเห็นถึงความสำคัญของผู้โดยสารชาวจีน ที่ไม่สามารถสื่อสารภาษาอังกฤษได้ จึงมีความสนใจที่จะทำเรื่อง ป้ายสื่อสารภาษาจีนเกี่ยวกับข้อกำหนดด้านสัมภาระและกฎระเบียบข้อบังคับ ที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความรวดเร็วในกระบวนการทำงาน โดยแนวคิดในการจัดทำป้ายสื่อสารภาษาจีนที่กระชับ เข้าใจง่าย และมีสัญลักษณ์ประกอบ จึงถูกเสนอขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยอธิบายข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับกฎระเบียบด้านสัมภาระให้ผู้โดยสารเข้าใจได้ทันที แม้ไม่มีทักษะทางภาษา

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีนที่มีต่อความเข้าใจข้อกำหนดด้านสัมภาระของผู้โดยสารชาวจีน
2. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินก่อนและหลังการใช้ป้ายสื่อสาร ณ เคาน์เตอร์เช็คอินภายในประเทศของสานการบินต้นทุนต่ำ

2.แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสาร สุรพงษ์ โสธนเสถียร (2563) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสาร หมายถึง การโอนความหมาย(Meaning tranter) ระหว่างผู้สื่อสาร (Communicators/ communicants) ซึ่งผู้สื่อสารหมายถึงทั้งผู้ส่ง สาร และผู้รับสารไม่ว่าจำนวนเท่าใดเพื่อพยายามทำให้พวกเขาเข้าใจในความหมายเดียวกัน นอกจากนี้ วูด (Wood, 2004) ได้กล่าวว่า การสื่อสาร หมายถึง กระบวนการที่บุคคลมี ปฏิสัมพันธ์กันโดยใช้และ ผ่านทางสัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อสร้างและแปลความหมาย ของสัญลักษณ์ นั้นโดยแต่ละองค์ประกอบ ของกระบวนการจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันและส่งผลซึ่งกันและกัน” คำนิยามในทรรศนะของ วูดเน้นให้เห็นแนวคิดที่ว่าองค์ประกอบทุกองค์ประกอบในกระบวนการสื่อสารนั้นต่างส่งผลซึ่งกันและกัน และยังส่งผลต่อรูปแบบของปฏิสัมพันธ์ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างคู่สื่อสารในกระบวนการสื่อสารด้วย นอกจากนี้องค์ประกอบของการสื่อสาร (Elements of Communication) เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้กระบวนการสื่อสารเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจตรงกัน โดยองค์ประกอบหลักของการสื่อสารที่มักถูกกล่าวถึง ได้แก่ สาร (Message) คือข้อมูล ความคิด หรือเนื้อหาที่ผู้ส่งต้องการสื่อถึงผู้รับ สารสามารถเป็นได้ทั้งคำพูด ตัวหนังสือ สัญลักษณ์ หรือภาพต่าง ๆ ที่มีความหมายต่อผู้ส่งและผู้รับ สารที่มีประสิทธิภาพต้องมี ความชัดเจน ตรงประเด็น และเหมาะสมกับบริบทของการสื่อสาร (Berlo, 1960) และช่องทางการสื่อสาร (Channel) ช่องทางการสื่อสารเป็นวิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการส่งสารจากผู้ส่งไปยังผู้รับ เช่น การ ใช้เสียง โทรศัพท์ อีเมล โซเชียลมีเดีย หรือการประชุม ช่องทางที่เลือกใช้ควรเหมาะสมกับประเภท ของสารและกลุ่มเป้าหมาย (Schramm, 1954) และอุปสรรคในการสื่อสาร (Noise) อุปสรรคในการสื่อสารคือสิ่งที่รบกวนหรือขัดขวางกระบวนการสื่อสาร เช่น เสียงรบกวน ความไม่ชัดเจนของภาษา การขาดข้อมูลที่จำเป็น หรือความเข้าใจผิดในสาร อุปสรรคเหล่านี้ สามารถทำให้การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพ (Shannon & Weaver, 1949)

จากความหมายของการสื่อสารที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การสื่อสาร หมายถึง กระบวนการถ่ายทอดข้อมูล ความคิด หรือความหมายระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสาร ผ่านช่องทางต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน โดยองค์ประกอบของการสื่อสาร เช่น สาร ช่องทางการสื่อสาร และอุปสรรคในการสื่อสาร ล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพและความสำเร็จของการสื่อสารทั้งสิ้น

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญะวิทยา O'Sullivan (1983 อ้างถึงใน (ละไมเสถียร, 2538) ได้อธิบาย และให้คำจำกัดความไว้ว่า สัญญะวิทยา เป็นการศึกษาในเรื่องของ สัญญะ (Sign) รหัส (Codes) และวัฒนธรรม ซึ่งเกี่ยวกับการแสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญของสัญญะ และการที่สัญญะนั้นถูกนำมาใช้ในสังคมโดยสัญญะนี้ มีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ คือ จะต้องมีลักษณะทางกายภาพจะต้องมีความหมายถึง บางสิ่ง บางอย่างนอกเหนือจากตัวของมันเอง และจะต้องถูกนำมาใช้และรับรู้โดยผู้ที่เกี่ยวข้องว่าเป็นสัญญะ นอกจากนี้ Peirce (1931 อ้างถึงใน กาญจนา แก้วเทพ, 2541) ได้ให้ความหมายที่ง่ายที่สุดและเข้าใจได้โดยง่ายที่สุด ก็คือ “สัญญะ คือ สิ่งที่มีความหมายมากกว่าตัวของมันเอง” (Sign is something which stands to somebody for something in some respect) ตัวอย่างเช่น รูปผู้หญิง-ผู้ชาย ที่ติดอยู่หน้าห้องน้ำ ไม่ได้หมายความว่ารูปนั้นคือ ผู้หญิงหรือผู้ชายเท่านั้น แต่มีความหมายว่า “ห้องน้ำ สำหรับผู้หญิง และห้องน้ำสำหรับผู้ชาย”

จากความหมายของสัญญะวิทยาที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สัญญะวิทยา หมายถึง การศึกษาสัญญะหรือสิ่งที่ใช้แทนความหมาย เพื่อสื่อสารและสร้างความเข้าใจในสังคม โดยสัญญะจะมีความหมายมากกว่าตัวของมันเองและผู้คนในสังคมสามารถรับรู้และตีความความหมายนั้นร่วมกันได้

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัจจัยด้านจิตวิทยา ศุภกร เสรีรัตน์ (2540) ได้ให้ความหมายว่า แรงจูงใจหรือการจูงใจ คือ แรงขับเคลื่อนที่อยู่ภายใต้บุคคลที่กระตุ้นให้บุคคลมีการกระทำ นอกจากนี้ สมยศ นาวีการ (2543) ได้กล่าวว่า แรงจูงใจหรือการจูงใจ คือ พลังที่ริเริ่มกำกับและค้ำจุนพฤติกรรมการกระทำส่วนบุคคล และเป็นกระบวนการทางจิตวิทยาที่ให้ความมุ่งหมายหรือทิศทางแก่พฤติกรรม

จากความหมายของปัจจัยด้านจิตวิทยาเกี่ยวกับแรงจูงใจที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า แรงผลักดันภายในที่กระตุ้นและกำหนดทิศทางให้บุคคลแสดงพฤติกรรมหรือกระทำสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยวิธีการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) แบบสองกลุ่มเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาผลของการใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีนที่มีต่อระยะเวลาและประสิทธิภาพในการเช็คอินของผู้โดยสารชาวจีน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้ การศึกษาสองกลุ่มเปรียบเทียบ ผู้โดยสารชาวจีนที่รับบริการในช่องเช็คอินปกติ (ไม่มีป้ายสื่อสาร) เป็นกลุ่มควบคุม (Control Group) และผู้โดยสารชาวจีนที่รับบริการในช่องเช็คอินที่มีการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาจีน เป็นกลุ่มทดลอง (Experimental Group) และทำการจับเวลาผู้โดยสารทั้ง 2 กลุ่มเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยแบบเป็น 3 ช่วงได้แก่ เที่ยวบินที่เดินทางในช่วงเช้า (08.00-10.30) กลางวัน (10.31-15.00) และเย็น (15.01 เป็นต้นไป) ซึ่งแต่ละช่วงเวลาจะมีเที่ยวบินเฉลี่ยอยู่ที่ 3 เที่ยวบิน/วัน/ช่วง

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ผู้โดยสารชาวจีนที่ที่เดินทางมาใช้บริการเช็คอินและโหลดสัมภาระ ณ เคาน์เตอร์ของสายการบินต้นทุนต่ำ ท่าอากาศยานเชียงใหม่ สำหรับผู้โดยสารที่เดินทางในประเทศ (domestic) ในช่วงเดือนธันวาคม – มกราคม 2568 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากทุกเที่ยวบินที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาที่กำหนดโดยกลุ่มควบคุม (ก่อนใช้ป้าย) จำนวน 350 คน และกลุ่มทดลอง (หลังใช้ป้าย) จำนวน 207 คน รวมทั้งสิ้น 557 คน จาก 258 เที่ยวบิน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีนเกี่ยวกับข้อกำหนดสัมภาระ" ซึ่งต้องผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาจีนและด้านปฏิบัติการการบิน จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และนำผลการประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการตรวจสอบพบว่าแบบสอบถามมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและสามารถนำไปใช้ได้ การหาความเชื่อมั่น (Reliability) ภายหลังจากปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coeffic ent) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (≥ 0.70) แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและมีความคงเส้นคงวา (Consistency) สูง จึงสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระยะการให้บริการต่อคน เพื่อสรุปภาพรวมแยกตามช่วงเวลา (เช้า กลางวัน เย็น)

4.ผลการวิจัย

ก่อนการใช้งานป้ายสื่อสารภาษาจีน ระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการผู้โดยสารชาวจีนมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา โดยช่วงเย็นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ช่วงกลางวัน และช่วงเช้า แต่ช่วงเวลามีค่าเฉลี่ยเกิน 1 นาทีต่อคน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดด้านการสื่อสารและความเข้าใจในข้อกำหนดเกี่ยวกับสัมภาระและกฎระเบียบของสายการบิน ส่งผลให้กระบวนการเช็คอินเกิดความล่าช้าและใช้ระยะเวลานาน

หลังการใช้งานป้ายสื่อสารภาษาจีน ระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการผู้โดยสารมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในแต่ละช่วงเวลา โดยช่วงเย็นมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือช่วงเช้า และช่วงกลางวัน แต่ละช่วงเวลามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1 นาที ต่อคน แสดงให้เห็นว่าป้ายสื่อสารภาษาจีนสามารถช่วยเสริมสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนแก่ผู้โดยสาร ลดการอธิบายซ้ำซ้อน และเพิ่มความคล่องตัวในกระบวนการเช็คอินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการเช็คอินก่อนและหลังการใช้งานป้ายสื่อสารภาษาจีน

ช่วงเวลา	ก่อนใช้ป้าย (คน)	ก่อนใช้ป้าย (วินาที)	หลังใช้ป้าย (คน)	หลังใช้ป้าย (วินาที)
เช้า	112	0.83	58	0.96
กลางวัน	140	0.83	78	0.73
เย็น	98	0.88	71	0.64
รวม	350	0.84	207	0.72

จากตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการผู้โดยสารชาวจีนก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาจีน พบว่า ก่อนการใช้ป้ายสื่อสารมีเวลาเฉลี่ยในการให้บริการอยู่ที่ 0.84 วินาทีต่อคน ขณะที่หลังการใช้ป้ายสื่อสาร เวลาเฉลี่ยลดลงเหลือ 0.723 วินาทีต่อคน หรือลดลงประมาณ 0.12 วินาทีต่อคน คิดเป็นร้อยละ 14.15 ของระยะเวลาเดิม แสดงให้เห็นว่าป้ายสื่อสารภาษาจีนมีประสิทธิภาพในการช่วยลดความล่าช้าและเพิ่มความรวดเร็วในกระบวนการเช็คอินได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบระยะเวลาในการเช็คอินก่อนและหลังการใช้งานป้ายสื่อสารภาษาจีน

ช่วงเวลา	กลุ่ม	n (รอบ)	$\bar{X}$	S.D
เช้า	ก่อนใช้ป้าย	57	0.84	0.59
	หลังใช้ป้าย	23	0.74	0.35
กลางวัน	ก่อนใช้ป้าย	70	0.88	0.51
	หลังใช้ป้าย	40	0.81	0.31
เย็น	ก่อนใช้ป้าย	38	0.90	0.52
	หลังใช้ป้าย	30	0.67	0.33
รวม	ก่อนใช้ป้าย	165	0.87	0.54
	หลังใช้ป้าย	93	0.75	0.33

จากตารางที่ 2 พบว่า เวลาเฉลี่ยในการให้บริการผู้โดยสารชาวจีนลดลงในทุกช่วงเวลาภายหลังจากการใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีน โดยภาพรวมลดลงจาก 0.87 วินาทีต่อคน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 เหลือ 0.75 วนาทีต่อคน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.33

5. สรุปและอภิปรายผล

ก่อนการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาจีน กระบวนการสื่อสารระหว่างพนักงานกับผู้โดยสารชาวจีนต้องอาศัยการใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลัก ซึ่งผู้โดยสารชาวจีนจำนวนมากไม่สามารถเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้พนักงานต้องใช้เวลามาก

ขึ้นในการอธิบายซ้ำ แสดงท่าทาง หรือค้นหาวิธีอื่นในการทำให้ผู้โดยสารเข้าใจข้อกำหนด เช่น การชั่งน้ำหนักกระเป๋า การสอบถามเกี่ยวกับพาวเวอร์แบงก์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือของเหลวที่มีข้อจำกัดซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Shannon และ Weaver (1949) ที่อธิบายว่าอุปสรรคในการสื่อสาร (Noise) ซึ่งเกิดจากความแตกต่างทางภาษาและวัฒนธรรม ทำให้ผู้รับสารไม่สามารถถอดรหัสสารได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Wood (2004) และสุรพงษ์ โสธนเสถียร (2563) ที่ระบุว่าการสื่อสารจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อผู้ส่งและผู้รับมีความหมายร่วมกัน เมื่อผู้โดยสารไม่เข้าใจภาษาอังกฤษ ความหมายของสารจึงไม่ถูกถ่ายทอดอย่างสมบูรณ์ ผลจากการวัดระยะเวลาก่อนใช้ป้าย พบว่า เวลาเฉลี่ยในการให้บริการผู้โดยสารชาวจีนก่อนการใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีนอยู่ที่ 0.84 นาทีต่อคน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของกระบวนการสื่อสารที่ต้องอาศัยการอธิบายด้วยวาจาเป็นหลักในบริบทที่ผู้โดยสารไม่สามารถเข้าใจภาษาอังกฤษได้อย่างครบถ้วน เนื่องจากเคาน์เตอร์เช็คอินต้องให้บริการผู้โดยสารต่อเนื่องหลายสิบคนในช่วงเวลาสั้น ๆ ความล่าช้าเพียงไม่กี่สิบวินาทีต่อรายเมื่อสะสมเข้าด้วยกันจะกลายเป็นความล่าช้าในระดับนาที ซึ่งส่งผลให้เกิดแถวรอคอยที่ยาวขึ้น ความแออัดในพื้นที่ปฏิบัติงาน และความตึงเครียดทั้งต่อผู้โดยสารและพนักงาน การที่พนักงานต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเพื่ออธิบายซ้ำ แปลความหมาย และแก้ไขความเข้าใจผิด ทำให้ทรัพยากรด้านบุคลากรถูกใช้ไปกับการแก้ปัญหาการสื่อสารมากกว่าการดำเนินกระบวนการตามปกติ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมลดลง และเพิ่มความเสี่ยงต่อความผิดพลาด เช่น การตรวจสอบสัมภาระไม่ครบถ้วน หรือการสื่อสารข้อกำหนดไม่ตรงกัน ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาในขั้นตอนต่อไป เช่น การปฏิเสธสัมภาระ การต้องเปิดกระเป๋าแก้ไข หรือความไม่พึงพอใจของผู้โดยสาร

ในช่วงระหว่างการดำเนินงานทดลองใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีน พนักงานใช้ป้ายเป็นสื่อประกอบการอธิบายตั้งแต่เริ่มกระบวนการเช็คอิน ส่งผลให้ผู้โดยสารมองเห็นและใช้ข้อมูลจากป้าย เพื่อทำความเข้าใจข้อกำหนดด้านสัมภาระได้อย่างรวดเร็ว ปริมาณคำถามและความสับสนเริ่มลดลงเมื่อผู้โดยสารสามารถอ้างอิงข้อมูลจากป้ายได้โดยตรง การใช้งานป้ายในลำดับขั้นดังกล่าวสะท้อนบทบาทของป้ายสื่อสารในฐานะ “สื่อกลาง” ที่ช่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Berlo (1960) ที่ระบุว่า เมื่อสารถูกเข้ารหัสในรูปแบบที่เหมาะสมและนำเสนอผ่านสื่อที่ชัดเจน จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการตีความสาร และทำให้ผู้รับสารสามารถเข้าใจสารได้ตรงตามเจตนาของผู้ส่งสารมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้กระบวนการสื่อสารในช่วงระหว่างการทดลองมีความราบรื่นและมีทิศทางที่ชัดเจนมากขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

หลังจากติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาจีน ผู้โดยสารชาวจีนสามารถรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับกฎระเบียบด้านสัมภาระได้ด้วยตนเองตั้งแต่ก่อนถึงขั้นตอนการสนทนากับพนักงาน ส่งผลให้กระบวนการเช็คอินมีความราบรื่นและเป็นระบบมากขึ้น ป้ายประกอบด้วยข้อความภาษาจีนที่สื่อสารตรงประเด็น ควบคู่กับภาพและสัญลักษณ์ เช่น รูปพาวเวอร์แบงก์ เครื่องหมายห้าม สีแดง และคำเตือน ทำให้ผู้โดยสารชาวจีนเข้าใจข้อห้ามและข้อกำหนดได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Berlo (1960) และ Schramm (1954) ที่ระบุว่าสารที่มีความชัดเจนและถูกส่งผ่านช่องทางที่เหมาะสมกับผู้รับสารจะช่วยให้การสื่อสารเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ป้ายสื่อสารทำหน้าที่เป็น “ช่องทางการสื่อสาร” ที่เหมาะสมกับผู้โดยสารชาวจีนมากกว่าการสื่อสารด้วยภาษาอังกฤษเพียงอย่างเดียว ผลการวัดระยะเวลาหลังการใช้ป้ายสื่อสารภาษาจีนพบว่า

เวลาเฉลี่ยในการให้บริการลดลงเหลือ 0.72 นาทีต่อคน ซึ่งสะท้อนว่าผู้โดยสารชาวจีนสามารถรับรู้ เข้าใจ และเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติตามข้อกำหนดได้ตั้งแต่ก่อนถึงขั้นตอนการติดต่อกับพนักงาน ส่งผลให้การปฏิสัมพันธ์ระหว่างพนักงานกับผู้โดยสารมีลักษณะกระชับ ตรงประเด็น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังช่วยลดลดความสับสนของผู้โดยสาร และเพิ่มความคล่องตัวของกระบวนการเช็คอิน

6. เอกสารอ้างอิง

กองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬา. (2569). สรุปสถานการณ์ท่องเที่ยวไตรมาสที่ 1 ปี 2569. สืบค้นจาก https://www.facebook.com/photo/?fbid=1558437936063219&set=a.1514151457158534

กาญจนา แก้วเทพ. (2541). การวิเคราะห์สื่อ: แนวคิดและเทคนิค. ภาควิชาการสื่อสารมวลชน คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ละไมเสถียร, ส. (2538). กลยุทธ์การสื่อความหมาย *“ความเป็นไทย”* ในชิ้นงานโฆษณาทางสื่อสิ่งพิมพ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) ในช่วงปี พ.ศ. *2530–2537* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). สืบค้นจาก https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/29612/

สมยศ นาวีการ. (2543). การบริหารและพฤติกรรมองค์การ. บรรณกิจ.

สุรพงษ์ โสธนะเสถียร. (2563). ทฤษฎีการสื่อสาร. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศุภกร เสรีรัตน์. (2540). พฤติกรรมผู้บริโภค (พิมพ์ครั้งที่ 2). ดอกหญ้า.

Berlo, D. K. (1960). *The process of communication: An introduction to theory and practice*. Holt, Rinehart and Winston.

Bruno, G., & Genovese, A. (2010). A mathematical model for the optimization of the airport check-in service problem. Electronic Notes in Discrete Mathematics, 36, 703–710. https://doi.org/10.1016/j.endm.2010.05.089

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.)

Liang, W. H. (2024). Cultural friction during intercultural service encounters with Chinese tourists: Perspectives from hotel employees in Australia. Cogent Business & Management, 11(1), Article 2318868. https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2318868

Locality Guide. (2025). *Chinese tourist arrivals to Thailand forecast to decline in 2025. Pattaya Locality Guide*. Retrieved December

19,2025,from https://pattaya.localplus.city/2025/05/26/chinese-tourist-arrivals-to-thailand-forecast-to-decline-in-2025/

Schramm, W. (1954). *How communication works*. University of Illinois Press.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.

Wang, L. (2019). Language facilitation for outbound Chinese tourists: Importance–performance and gap analyses of New Zealand hotels. *Journal of Travel & Tourism Marketing, 35*(9), 1222–1233. https://doi.org/10.1080/10548408.2018.1487902

Woo, W. S., & Riget, P. N. (2020). Linguistic landscape in Kuala Lumpur international airport, Malaysia. Journal of Multilingual and Multicultural Development, 43(5), 404–423. https://doi.org/10.1080/01434632.2020.1742724

Wood, J. T. (2004). *Communication in our lives* (2nd ed.). Wadsworth.



การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย

ณภัค วรจิรปัญชญา[1*] และ พิเชษฐ์ เกิดวิชัย[2]

[1] นักศึกษาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอีสปอร์ตและบันเทิง
วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

[2] อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอีสปอร์ตและบันเทิง
วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

*E-mail; s67567814025@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย ด้านโอกาส อุปสรรค และความพร้อมเชิงยุทธศาสตร์ 2) เปรียบเทียบความคิดเห็นจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลและบทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต และ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงยุทธศาสตร์และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ตในประเทศไทย จำนวน 400 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงร่วมกับการกำหนดโควตา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 โดยด้านโอกาสมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.32 รองลงมา คือ ความพร้อมเชิงยุทธศาสตร์ ($\bar{X}$ = 4.08) การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ ($\bar{X}$ = 3.96) และอุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ ($\bar{X}$ = 3.84) ผลการเปรียบเทียบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์ อายุ บทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต และประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ตแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนเพศและระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีความคิดเห็นไม่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า โอกาสและความพร้อมเชิงยุทธศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .674 และ .712 ตามลำดับ ส่วนอุปสรรคมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -.295

คำสำคัญ ปัญญาประดิษฐ์, การบริหารจัดการอีสปอร์ต, ความพร้อมเชิงยุทธศาสตร์, การเปลี่ยนผ่านดิจิทัล, อีสปอร์ตไทย

Artificial Intelligence Adoption in Esports Management in Thailand

Napas Worachirapanchaya[1]* and Piched Girdwichai[2]

[1] Master of Business Administration Student, Esports and Entertainment Business Management Program, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University

[2] Lecturer, Master of Business Administration Program, Esports and Entertainment Business Management Program, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University

*E-mail: s67567814025@ssru.ac.th

Abstract

This research aimed to 1) examine opinions on artificial intelligence adoption in esports management in Thailand in terms of opportunities, barriers, and strategic readiness; 2) compare opinions classified by personal factors and roles related to the esports industry; and 3) investigate the relationships among opportunities, barriers, strategic readiness, and artificial intelligence adoption in esports management in Thailand. The sample consisted of 400 stakeholders involved in Thailand's esports industry, selected through purposive sampling combined with quota sampling. The research instrument was a five-point Likert scale questionnaire. The statistics used for data analysis included frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, one-way ANOVA, and Pearson's correlation coefficient.

The results revealed that the overall opinion toward artificial intelligence adoption in esports management was at a high level, with a mean of 4.05 and a standard deviation of 0.62. The opportunity dimension had the highest mean score of 4.32, followed by strategic readiness with a mean of 4.08, artificial intelligence adoption with a mean of 3.96, and barriers to artificial intelligence adoption with a mean of 3.84. The comparison results showed that respondents with different artificial intelligence usage experiences, ages, roles in the esports industry, and esports-related experiences had significantly different opinions at the .05 level. However, respondents with different genders and educational levels did not show statistically significant differences. The correlation analysis indicated that opportunities and strategic readiness were positively correlated with artificial intelligence adoption in esports management at the .01 level, with correlation coefficients of .674 and .712, respectively. In contrast, barriers were negatively correlated with artificial intelligence adoption at the .01 level, with a correlation coefficient of -.295.

Keywords: artificial intelligence, esports management, strategic readiness, digital transformation, Thailand's esports

1. บทนำ

ปัญญาประดิษฐ์เป็นเทคโนโลยีสำคัญที่มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริหารจัดการองค์การในยุคดิจิทัล เนื่องจากสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก วิเคราะห์รูปแบบพฤติกรรม คาดการณ์แนวโน้ม และสนับสนุนการตัดสินใจได้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น องค์การในหลายอุตสาหกรรมจึงเริ่มนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดข้อจำกัดของการตัดสินใจจากประสบการณ์ส่วนบุคคล และสร้างความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์จากข้อมูล ในบริบทของประเทศไทย แผนปฏิบัติการด้านปัญญาประดิษฐ์แห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศไทย พ.ศ. 2565–2570 ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AI) ทั้งด้านโครงสร้างพื้นฐาน บุคลากร การวิจัย การใช้ประโยชน์เชิงธุรกิจ และธรรมาภิบาล เพื่อให้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นกลไกหนึ่งในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (AI Thailand, 2022)

อุตสาหกรรมอีสปอร์ตเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีลักษณะสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างชัดเจน เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมอีสปอร์ตก่อให้เกิดข้อมูลจำนวนมากจากการแข่งขัน การฝึกซ้อม พฤติกรรมผู้เล่น การรับชม การสตรีมมิง การสื่อสารบนแพลตฟอร์มออนไลน์ การมีส่วนร่วมของแฟนคลับ และการจัดการแข่งขันในระบบดิจิทัล ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนการบริหารสโมสร การพัฒนาศักยภาพนักกีฬา การวางแผนการแข่งขัน การบริหารแฟนคลับ การออกแบบคอนเทนต์ และการตัดสินใจทางธุรกิจได้อย่างเป็นระบบ งานของ Piancharoenwong และ Sukcharoenpong (2024) ชี้ว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถสนับสนุนการจัดการอีสปอร์ตได้หลายมิติ เช่น การวิเคราะห์สมรรถนะผู้เล่น การจัดการทัวร์นาเมนต์ และการยกระดับประสบการณ์ของผู้ชม โดยเฉพาะในบริบทประเทศไทยที่อุตสาหกรรมอีสปอร์ตกำลังขยายตัว

อีสปอร์ตในปัจจุบันไม่ได้เป็นเพียงการแข่งขันเกมดิจิทัลระหว่างผู้เล่นเท่านั้น หากแต่เป็นระบบนิเวศทางเศรษฐกิจ กีฬา เทคโนโลยี และวัฒนธรรมดิจิทัลที่เชื่อมโยงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม ได้แก่ สโมสร นักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้จัดการแข่งขัน ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ แพลตฟอร์มดิจิทัล ผู้ผลิตคอนเทนต์ สื่อ ผู้ชม และชุมชนแฟนคลับ ความซับซ้อนของระบบนิเวศดังกล่าวทำให้การบริหารจัดการอีสปอร์ตจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลและเครื่องมือวิเคราะห์ที่ทันสมัยมากขึ้น (Kunz, Roth, & Santomier, 2022) ในระดับสากล การใช้ปัญญาประดิษฐ์ในอุตสาหกรรมกีฬาเริ่มขยายจากการวิเคราะห์สมรรถนะและข้อมูลการแข่งขันไปสู่การบริหารจัดการ การตลาด การมีส่วนร่วมของแฟนกีฬา และการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์มากขึ้น งานของ Naughton, Salmon, Compton, and McLean (2024) ระบุว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีศักยภาพในการเปลี่ยนบทบาทการทำงานของทีมวิทยาศาสตร์การกีฬาและการแพทย์กีฬา ทั้งในด้านการสนับสนุนการตัดสินใจและการทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ ขณะที่ Xu และ Baghaei (2025) ชี้ว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีบทบาทต่อการยกระดับกีฬาในสามมิติสำคัญ ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขัน การสร้างการมีส่วนร่วมของแฟนกีฬา และการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ประเด็นดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงมายังอีสปอร์ตได้โดยตรง เพราะอีสปอร์ตเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ข้อมูลจากการแข่งขันและแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นฐานในการดำเนินงาน

สำหรับประเทศไทย อีสปอร์ตได้รับความสนใจมากขึ้นในฐานะกีฬา อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ และส่วนหนึ่งของเศรษฐกิจดิจิทัล การขยายตัวของการแข่งขัน สโมสร นักกีฬา ผู้ชม แพลตฟอร์ม และอาชีพใหม่ที่เกี่ยวข้อง ทำให้การบริหารจัดการอีสปอร์ตจำเป็นต้องพัฒนาไปสู่ความเป็นมืออาชีพมากขึ้น งานของสายพิณและครุจิต (2565) อธิบายว่า การสื่อสารในเกมและชุมชนอีสปอร์ตออนไลน์มีลักษณะเป็นการสื่อสารสองทาง และเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศ สังคมออนไลน์ โอกาสทางอาชีพ กฎระเบียบ และความรับผิดชอบต่อสังคม ขณะที่งานของขจรศักดิ์และคณะ (2568) พบว่าอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตไทยมีความต้องการกำลังคนด้านการคิดวิเคราะห์ การวิเคราะห์ข้อมูล การสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ การตลาดเกม การสตรีมมิง และการบริหารโครงการ ซึ่งสะท้อนว่าทักษะข้อมูลและดิจิทัลเป็นเงื่อนไขสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมอีสปอร์ตไทยในระยะต่อไป

การนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาใช้ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทยยังเผชิญข้อจำกัดหลายประการ ทั้งด้านความพร้อมของข้อมูล ความรู้ความเข้าใจของบุคลากร งบประมาณ เทคโนโลยี โครงสร้างพื้นฐาน ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล ความโปร่งใสของอัลกอริทึม และจริยธรรมการใช้งาน ปัญหาเหล่านี้สะท้อนว่า การประยุกต์ใช้งาน ในอีสปอร์ตไม่ใช่เพียงการเลือกใช้เครื่องมือดิจิทัล แต่เป็นการเปลี่ยนผ่านเชิงองค์การที่ต้องอาศัยความพร้อมด้านกลยุทธ์ บุคลากร ข้อมูล กระบวนการทำงาน และธรรมาภิบาล รายงาน Thailand Nationalปัญญาประดิษฐ์ (AI) Strategy Annual Report 2024 ชี้ว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นเทคโนโลยีที่มีทั้งโอกาสและความเสี่ยง โดยเฉพาะการบริหารข้อมูลขนาดใหญ่ การสร้างคอนเทนต์ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ตลอดจนความเสี่ยงด้านจริยธรรม ความเป็นส่วนตัว และผลกระทบต่อแรงงาน (AI Thailand, 2024) แนวทางของศูนย์ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ให้ความสำคัญกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) อย่างมีธรรมาภิบาล โดยเน้นให้ผู้บริหารและองค์การพิจารณาทั้งประโยชน์ ข้อจำกัด ความเสี่ยง ความรับผิดชอบ และการกำกับดูแลการใช้ ให้เหมาะสมกับบริบทขององค์การ (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2567) ประเด็นนี้มีความสำคัญต่ออีสปอร์ตไทย เนื่องจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) อาจเกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคลของนักกีฬา ผู้ชม และแฟนคลับ รวมถึงข้อมูลเชิงพฤติกรรมบนแพลตฟอร์มดิจิทัล หากขาดแนวทางกำกับดูแลที่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านความเป็นส่วนตัว ความไม่เป็นธรรมในการวิเคราะห์ข้อมูล และความไม่ไว้วางใจจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

งานวิจัยช่วยขยายองค์ความรู้ด้านการบริหารอีสปอร์ต การยอมรับเทคโนโลยี และความพร้อมเชิงกลยุทธ์ขององค์การในบริบทปัญญาประดิษฐ์ (AI) ส่วนในเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับภาครัฐ สมาคมกีฬาอีสปอร์ต สโมสร ผู้จัดการแข่งขัน ผู้ประกอบการแพลตฟอร์ม สถาบันการศึกษา และภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนานโยบาย บุคลากร ข้อมูล โครงสร้างพื้นฐาน และธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อสนับสนุนการเติบโตของอุตสาหกรรมอีสปอร์ตไทยอย่างมีทิศทางและยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย ด้านโอกาส อุปสรรค และความพร้อมเชิงกลยุทธ์

2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลและบทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต หมายถึง การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาใช้สนับสนุนการตัดสินใจและการดำเนินงานขององค์กรอีสปอร์ตในด้านต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลผู้เล่น การพัฒนาสมรรถนะนักกีฬา การบริหารการแข่งขัน การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ชม การตลาดดิจิทัล การสร้างคอนเทนต์ และการบริหารแฟนคลับ ทั้งนี้ อุตสาหกรรมอีสปอร์ตมีลักษณะเป็นระบบนิเวศดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม ได้แก่ สโมสร นักกีฬา ผู้จัดการแข่งขัน แพลตฟอร์มดิจิทัล ผู้สนับสนุน ผู้ผลิตคอนเทนต์ ผู้ชม และชุมชนแฟนคลับ การบริหารจัดการอีสปอร์ตจึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูล เทคโนโลยี สอดคล้องกับแนวคิดระบบนิเวศบริการของอีสปอร์ตที่มองว่าคุณค่าเกิดจากการปฏิสัมพันธ์และการร่วมสร้างคุณค่าระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่าย (Kunz, Roth, & Santomier, 2022)

ในด้านโอกาสของการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารกีฬาและอีสปอร์ตได้หลายด้าน ทั้งการวิเคราะห์สมรรถนะ การสนับสนุนการตัดสินใจ การออกแบบประสบการณ์ผู้ชม การมีส่วนร่วมของแฟนคลับ และการสร้างกลยุทธ์ทางธุรกิจ งานของ Piancharoenwong และ Sukcharoenpong (2024) เรื่อง Exploring ปัญญาประดิษฐ์ (AI) Applications in Esports Management: Opportunities for Thailand ระบุว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีศักยภาพต่อการจัดการอีสปอร์ตไทย โดยเฉพาะการวิเคราะห์ผู้เล่น การบริหารการแข่งขัน และการสร้างประสบการณ์ผู้ชม ขณะที่ Naughton, Salmon, Compton, and McLean (2024) ชี้ว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) ช่วยสนับสนุนการทำงานของทีมด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและการแพทย์กีฬา แต่ต้องใช้อย่างเหมาะสมร่วมกับการตัดสินใจของมนุษย์ นอกจากนี้ Xu และ Baghaei (2025) ยังระบุว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีบทบาทต่อการเพิ่มประสิทธิภาพกีฬา การมีส่วนร่วมของแฟนกีฬา และการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์

ในด้านอุปสรรคของการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) งานวิจัยและรายงานเชิงนโยบายสะท้อนว่าการนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) ไปใช้ในองค์กรไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับความพร้อมของข้อมูล ทักษะบุคลากร งบประมาณ ความเข้าใจของผู้บริหาร ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล ความโปร่งใสของอัลกอริทึม และจริยธรรมในการใช้ แนวทางของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (2567) เน้นว่าการใช้ Generative ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในองค์กรควรอยู่ภายใต้หลักธรรมาภิบาล มีการประเมินประโยชน์ ข้อจำกัด และความเสี่ยงอย่างรอบคอบ ส่วนรายงาน Thailand

National ระบุว่าปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นเทคโนโลยีที่มีทั้งโอกาสและความเสี่ยง องค์กรจึงต้องให้ความสำคัญกับการกำกับดูแล การพัฒนาบุคลากร และการใช้ข้อมูลอย่างรับผิดชอบ (AI Thailand, 2024)

ในด้านความพร้อมเชิงกลยุทธ์ การนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาใช้ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตจำเป็นต้องพิจารณาความพร้อมขององค์กรในหลายมิติ ได้แก่ วิสัยทัศน์และนโยบายของผู้บริหาร โครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล บุคลากรที่มีทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์และข้อมูล ระบบการจัดเก็บข้อมูล พันธมิตรทางเทคโนโลยี และแนวทางธรรมาภิบาล แผนปฏิบัติการด้านปัญญาประดิษฐ์แห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศไทย พ.ศ. 2565–2570 ให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบนิเวศ ทั้งด้านโครงสร้างพื้นฐาน บุคลากร การวิจัย การประยุกต์ใช้ และจริยธรรม ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นฐานคิดในการศึกษาความพร้อมเชิงกลยุทธ์ขององค์กรอีสปอร์ตไทยได้ (AI Thailand, 2022) ขณะเดียวกัน งานของขจรศักดิ์ ขันชัย และคณะ (2568) พบว่าอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตไทยต้องการกำลังคนที่มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การวิเคราะห์ข้อมูล การสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ การตลาดเกม และการบริหารโครงการ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ ในอุตสาหกรรมอีสปอร์ต

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรต้น ได้แก่ โอกาส อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และความพร้อมเชิงกลยุทธ์ขององค์กรอีสปอร์ตไทย ส่วนตัวแปรตาม คือ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย โดยตัวแปรโอกาสสังเคราะห์จาก Piancharoenwong and Sukcharoenpong (2024), Naughton et al. (2024) และ Xu and Baghaei (2025) กรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดให้โอกาส อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และความพร้อมเชิงกลยุทธ์ มีความสัมพันธ์กับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย โดยมีปัจจัยส่วนบุคคลและบทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ตเป็นตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของความคิดเห็น ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา บทบาทในอุตสาหกรรมอีสปอร์ต ประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต และประสบการณ์การใช้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรของการวิจัย ได้แก่ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย เช่น ผู้บริหารหรือบุคลากรสโมสรอีสปอร์ต ผู้จัดการแข่งขัน นักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้ผลิตคอนเทนต์ ผู้ดูแลแพลตฟอร์ม นักการตลาดดิจิทัล ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ บุคลากรทางการศึกษา และผู้ชมอีสปอร์ต

กลุ่มตัวอย่าง ได้มาโดยการคัดเลือกแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจงร่วมกับการกำหนดโควตา เพื่อให้ครอบคลุมผู้มีบทบาทในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย จำนวน 400 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเชิงปริมาณ ซึ่งพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต โอกาสจากการใช้

ปัญญาประดิษฐ์ อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ขององค์การ และระบบนิเวศอีสปอร์ต โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา บทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต ประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต และประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ โอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์ อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ และความพร้อมเชิงกลยุทธ์ขององค์การ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย ครอบคลุมการใช้ปัญญาประดิษฐ์ด้านการบริหารทีม การพัฒนานักกีฬา การจัดการแข่งขัน การวิเคราะห์ข้อมูลผู้ชม การตลาดแฟนคลับ การสร้างคอนเทนต์ และการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์

แบบสอบถามตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวทางของลิเคิร์ท ตั้งแต่ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด ถึงระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด โดยตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยค่าความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์จากกลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย จำนวน 400 คน โดยเผยแพร่แบบสอบถามผ่านเครือข่ายสโมสรอีสปอร์ต ผู้จัดการแข่งขัน นักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้ผลิตคอนเทนต์ ผู้ดูแลแพลตฟอร์มดิจิทัล นักการตลาดดิจิทัล ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ บุคลากรทางการศึกษา และชุมชนผู้ชมอีสปอร์ต ก่อนตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย การรักษาความลับของข้อมูล และการนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมโดยไม่เปิดเผยตัวตนของผู้ตอบแบบสอบถาม จากนั้นตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล คัดแยกแบบสอบถามที่ไม่ครบถ้วนหรือไม่ตรงตามเกณฑ์ออก และนำข้อมูลที่สมบูรณ์ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่และร้อยละ

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมแปลผลตามเกณฑ์ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย โดยใช้การทดสอบค่าที สำหรับเปรียบเทียบความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มี 2 กลุ่ม ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว สำหรับเปรียบเทียบความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีมากกว่า 2 กลุ่ม และใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 246 คน คิดเป็นร้อยละ 61.50 รองลงมาเป็นเพศหญิง จำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.50 และไม่ระบุเพศหรือเพศอื่น ๆ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00 ด้านอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20–29 ปี จำนวน 214 คน คิดเป็นร้อยละ 53.50 รองลงมาอยู่ในช่วงอายุ 30–39 ปี จำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 23.00 ต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 13.00 และอายุ 40 ปีขึ้นไป จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 10.50

ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 262 คน คิดเป็นร้อยละ 65.50 รองลงมามีการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 14.50 ด้านบทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ชมอีสปอร์ตหรือแฟนคลับ จำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.50 รองลงมาเป็นผู้ผลิตคอนเทนต์หรือนักการตลาดดิจิทัล จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 21.00 นักกีฬาอีสปอร์ตหรือผู้ฝึกสอน จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 17.00 ผู้จัดการแข่งขันหรือผู้ดูแลแพลตฟอร์มดิจิทัล จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 14.00 และผู้บริหารหรือบุคลากรสโมสรอีสปอร์ต จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 13.50

ด้านประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 1–3 ปี จำนวน 162 คน คิดเป็นร้อยละ 40.50 รองลงมามีประสบการณ์ 4–6 ปี จำนวน 126 คน คิดเป็นร้อยละ 31.50 มากกว่า 6 ปี จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 17.00 และน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 11.00 ด้านประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เคยใช้ในระดับพื้นฐาน จำนวน 196 คน คิดเป็นร้อยละ 49.00 รองลงมาเคยใช้ในการทำงานหรือการเรียน จำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00 ไม่เคยใช้ จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 และเคยใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 11.00

ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
โอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต	4.32	0.54	มาก
ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ในการใช้ปัญญาประดิษฐ์	4.08	0.61	มาก
การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต	3.96	0.63	มาก
อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต	3.84	0.68	มาก
รวม	4.05	0.62	มาก

จากตารางพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทยโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ โอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 รองลงมา คือ ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 และอุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.68 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลและบทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต

ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลและบทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย

ตัวแปรจำแนกกลุ่ม	สถิติที่ใช้	ค่าสถิติ	Sig.	ผลการทดสอบ
เพศ	t-test	1.284	.200	ไม่แตกต่างกัน
ประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์	t-test	4.216	.000	แตกต่างกัน
อายุ	One-way ANOVA	3.472	.016	แตกต่างกัน
ระดับการศึกษา	One-way ANOVA	2.146	.118	ไม่แตกต่างกัน
บทบาทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ต	One-way ANOVA	5.283	.000	แตกต่างกัน
ประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต	One-way ANOVA	4.019	.008	แตกต่างกัน

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีเพศต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า t เท่ากับ 1.284 และค่า Sig. เท่ากับ .200 เมื่อจำแนกตามประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์ต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า t เท่ากับ 4.216 และค่า Sig. เท่ากับ .000

ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า F เท่ากับ 3.472 และค่า Sig. เท่ากับ .016 ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า F เท่ากับ 2.146 และค่า Sig. เท่ากับ .118

ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอีสปอร์ตแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า F เท่ากับ 5.283 และค่า Sig. เท่ากับ .000 และผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ตแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า F เท่ากับ 4.019 และค่า Sig. เท่ากับ .008

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส อุปสรรค ความพร้อมเชิงกลยุทธ์ และการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทย โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปร	**1**	**2**	**3**	**4**
1. โอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์	1.000			

2. อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์	-.284**	1.000		
3. ความพร้อมเชิงกลยุทธ์	.621**	-.318**	1.000	
4. การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ต	.674**	-.295**	.712**	1.000

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง พบว่า โอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทยในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .674

ความพร้อมเชิงกลยุทธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทยในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .712

อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์มีความสัมพันธ์ทางลบกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตในประเทศไทยในระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -.295

นอกจากนี้ โอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความพร้อมเชิงกลยุทธ์ในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .621 ขณะที่อุปสรรคในการใช้ปัญญาประดิษฐ์มีความสัมพันธ์ทางลบกับโอกาสจากการใช้ปัญญาประดิษฐ์และความพร้อมเชิงกลยุทธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -.284 และ -.318 ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการบริหารจัดการอีสปอร์ตโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านโอกาสมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่า ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องมองว่าปัญญาประดิษฐ์สามารถนำมาใช้สนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลผู้เล่น การจัดการแข่งขัน การบริหารแฟนคลับ และการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ได้ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Piancharoenwong และ Sukcharoenpong (2024) เรื่อง Exploringปัญญาประดิษฐ์ (AI) Applications in Esports Management: Opportunities for Thailand ที่กล่าวว่า ปัญญาประดิษฐ์มีศักยภาพต่อการวิเคราะห์ผู้เล่น การจัดการทัวร์นาเมนต์ และการยกระดับประสบการณ์ผู้ชม

ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์การใช้ปัญญาประดิษฐ์ อายุ บทบาทในอุตสาหกรรมอีสปอร์ต และประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ตแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เพศและระดับการศึกษาไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ประสบการณ์ตรงและบทบาทในอุตสาหกรรมมีผลต่อมุมมองการใช้ปัญญาประดิษฐ์มากกว่าคุณลักษณะพื้นฐานบางประการ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Naughton, Salmon, Compton, and McLean (2024) เรื่อง Challenges and

Opportunities of Artificial Intelligence Implementation within Sports Science and Sports Medicine Teams ที่กล่าวว่า การใช้ปัญญาประดิษฐ์ในงานกีฬาเกี่ยวข้องกับความพร้อมของบุคลากร บทบาทการทำงาน และความเข้าใจต่อเทคโนโลยี

โอกาสและความพร้อมเชิงกลยุทธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ ส่วนอุปสรรคมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า องค์กรอีสปอร์ตที่เห็นโอกาสและมีความพร้อมด้านกลยุทธ์ ข้อมูล บุคลากร และธรรมาภิบาล ย่อมมีแนวโน้มนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ได้มากขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับปัญญาประดิษฐ์ (AI) Thailand (2022) เรื่อง Thailand National ปัญญาประดิษฐ์ (AI) Strategy and Action Plan (2022–2027) ที่กล่าวว่า การใช้ปัญญาประดิษฐ์ต้องอาศัยระบบนิเวศที่ครอบคลุมโครงสร้างพื้นฐาน บุคลากร การใช้ประโยชน์ และธรรมาภิบาล

6. เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ ขันชัย, ภัทรภร ภุยสุวรรณ, ชนาภรณ์ ปัญญากาญจน์, ยลภัทร ศิริรัตน์, และฐากร พฤฒิพุราณี. (2568). Analyzing workforce demands in the game & esports industries for higher education curriculum development in Thailand. Journal of Computer and Creative Technology, 3(1), 1–14. doi:10.65205/jcct.2025.2863

เตชภณ ทองเติม. (2568). ปัญญาประดิษฐ์กับการพัฒนาวงการวิทยาศาสตร์การกีฬาไทย: โอกาสและความท้าทาย. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร, 6(1), 24–38.

สายพิณ ณัฐพงษ์, และครุจิต วรัช. (2565). Communication management guidelines and the impact of esports in Thai society. Journal of Buddhist Anthropology, 7(10), 133–152.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2567). แนวทางประยุกต์ใช้ Generativeปัญญาประดิษฐ์ (AI) อย่างมีธรรมาภิบาลสำหรับองค์กร. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์.

AI Thailand. (2022). Thailand nationalปัญญาประดิษฐ์ (AI) strategy and action plan (2022–2027). Bangkok:ปัญญาประดิษฐ์ (AI) Thailand.

AI Thailand. (2024). Thailand nationalปัญญาประดิษฐ์ (AI) strategy annual report 2024. Bangkok:ปัญญาประดิษฐ์ (AI) Thailand.

Kunz, R. E., Roth, A., & Santomier, J. P. (2022). A perspective on value co-creation processes in eSports service ecosystems. Sport, Business and Management: An International Journal, 12(1), 29–53. doi:10.1108/SBM-03-2021-0039

Naughton, M., Salmon, P. M., Compton, H. R., & McLean, S. (2024). Challenges and opportunities of artificial intelligence implementation within sports science and sports medicine teams. Frontiers in Sports and Active Living, 6, 1332427. doi:10.3389/fspor.2024.1332427

Piancharoenwong, A., & Sukcharoenpong, S. (2024). Exploringปัญญาประดิษฐ์ (AI) applications in esports management: Opportunities for Thailand. Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University, 11(2) , 55– 65. doi:10.14456/jmsnpru.2024.27

Thailand Development Research Institute. (2025) . Thailand readiness assessment methodology: Artificial intelligence. Bangkok: Thailand Development Research Institute.

Xu, T., & Baghaei, S. (2025). Reshaping the future of sports with artificial intelligence: Challenges and opportunities in performance enhancement, fan engagement, and strategic decision-making. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 142, 109912. doi:10.1016/j.engappai.2024.109912

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การสร้างคุณค่าร่วมระหว่างรัฐ เอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

บัญญัติ บุญญา[1*] และ พิเชษฐ์ เกิดวิชัย[2]
[1] นักศึกษาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอีสปอร์ตและบันเทิง วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[2] อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอีสปอร์ตและบันเทิง วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

*E-mail; s67567814014@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของรัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชมในการสร้างคุณค่าร่วมภายในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย และเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีต่อการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย จำนวน 400 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงร่วมกับการกำหนดโควตาตามประเภทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับบทบาทของรัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา ผู้ชม ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือบทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต บทบาทของภาคเอกชน การสร้างคุณค่าร่วม บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และบทบาทของรัฐ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ พบว่า บทบาทของรัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชม สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ร้อยละ 58.1 และสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการสร้างคุณค่าร่วมได้ร้อยละ 61.9 เมื่อเพิ่มตัวแปรความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าร่วมในการวิเคราะห์ พบว่าสามารถอธิบายความแปรปรวนของการสร้างคุณค่าร่วมได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 69.6 โดยความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุดต่อการสร้างคุณค่าร่วม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยเกิดจากบทบาทร่วมของหลายภาคส่วน โดยเฉพาะผู้ชม นักกีฬา ภาคเอกชน และสโมสร ขณะที่ภาครัฐควรพัฒนาบทบาทเชิงนโยบายและกลไกสนับสนุนให้มีความต่อเนื่องและเป็นระบบมากขึ้น

คำสำคัญ การสร้างคุณค่าร่วม, ระบบนิเวศอีสปอร์ต, ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย, อีสปอร์ตไทย, ความร่วมมือ

Value Co-Creation among Government, Private Sector, Clubs, Athletes, and Fans in Thailand's Esports Ecosystem

Banyat Boonya[1]* and Piched Girdwichai[2]

[1] Master of Business Administration Student, Esports and Entertainment Business Management Program, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University.

[2] Lecturer, Master of Business Administration Program, Esports and Entertainment Business Management Program, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University.

*E-mail: s67567814014@ssru.ac.th

Abstract

This research, entitled "Value Co-Creation among Government, Private Sector, Clubs, Athletes, and Fans in Thailand's Esports Ecosystem," aimed to examine the roles of government, private sector, esports clubs, athletes, and fans in value co-creation within Thailand's esports ecosystem, and to analyze the influence of stakeholder roles on value co-creation. This study employed a quantitative research design. The sample consisted of 400 stakeholders involved in Thailand's esports ecosystem, selected through purposive sampling combined with quota sampling based on stakeholder categories. The research instrument was a five-point Likert scale questionnaire. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and multiple regression analysis.

The findings revealed that the overall levels of stakeholder roles, stakeholder collaboration, and value co-creation in Thailand's esports ecosystem were at a high level. Among the variables, the role of fans had the highest mean score, followed by the role of esports athletes, the private sector, value co-creation, esports clubs, stakeholder collaboration, and government, respectively. The multiple regression analysis showed that the roles of government, private sector, esports clubs, athletes, and fans jointly explained 58.1 percent of the variance in stakeholder collaboration and 61.9 percent of the variance in value co-creation. When stakeholder collaboration was included in the model, the explanatory power for value co-creation increased to 69.6 percent. Stakeholder collaboration was found to be the strongest predictor of value co-creation. These findings indicate that value co-creation in Thailand's esports ecosystem is driven by the collective roles of multiple stakeholders, particularly fans, athletes, private sector organizations, and esports clubs. Meanwhile, the government should strengthen its policy role and support mechanisms to enhance continuity, coordination, and sustainability within the ecosystem.

Keywords: value co-creation, esports ecosystem, stakeholders, Thailand's esports, collaboration

1. บทนำ

อีสปอร์ตได้พัฒนาอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมการแข่งขันเกมดิจิทัลของกลุ่มผู้เล่นเฉพาะทางไปสู่ระบบนิเวศทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในระดับโลก ในปัจจุบันอีสปอร์ตมิได้เป็นเพียงการแข่งขันระหว่างผู้เล่นหรือทีมเท่านั้น แต่เป็นพื้นที่ที่เชื่อมโยงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลากหลายกลุ่ม ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ สมาคมกีฬา ผู้จัดการแข่งขัน บริษัทเกม แพลตฟอร์มสตรีมมิง ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ สโมสร นักกีฬา โค้ช ผู้ผลิตคอนเทนต์ สื่อดิจิทัล ผู้ชม และชุมชนแฟนคลับ การเติบโตของอีสปอร์ตจึงสะท้อนลักษณะของอุตสาหกรรมดิจิทัลร่วมสมัยที่คุณค่าไม่ได้เกิดจากผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการเพียงฝ่ายเดียว หากแต่เกิดจากความสัมพันธ์ การแลกเปลี่ยนทรัพยากร และการมีส่วนร่วมของผู้กระทำการหลายฝ่ายในระบบนิเวศเดียวกัน สอดคล้องกับ Kunz, Roth, and Santomier (2022) ที่อธิบายว่าอีสปอร์ตเป็นระบบนิเวศบริการที่คุณค่าเกิดจากการร่วมสร้างของผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่ายผ่านกิจกรรมการแลกเปลี่ยนบริการ การสื่อสาร และประสบการณ์ร่วม ขณะที่ Wong and Meng-Lewis (2023) ชี้ให้เห็นว่าการทำความเข้าใจอีสปอร์ตจำเป็นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นหลักในห่วงโซ่คุณค่าและความสัมพันธ์ระหว่างองค์การ เพราะระบบอีสปอร์ตประกอบด้วยกระบวนการผลิต การกระจาย และการบริโภคที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นพลวัต

แนวคิดการสร้างคุณค่าร่วมจึงเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการอธิบายการพัฒนาอีสปอร์ตยุคใหม่ เนื่องจากคุณค่าในอีสปอร์ตมิได้จำกัดอยู่ที่รายได้จากการแข่งขัน เงินรางวัล หรือจำนวนผู้ชมเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมคุณค่าทางประสบการณ์ คุณค่าทางสังคม คุณค่าทางวัฒนธรรม คุณค่าทางวิชาชีพ และคุณค่าทางสถาบัน งานของ Huettermann and Pizzo (2022) กล่าวว่าการมีส่วนร่วมของแฟนอีสปอร์ตสัมพันธ์กับมิติทางอารมณ์ ความร่วมมือกับการจัดการทีม การสร้างความรู้ และการสื่อสารแบบปากต่อปาก ส่วน Jung, Chen, and Cai (2024) ชี้ว่าประสบการณ์ของผู้เข้าร่วมงานอีสปอร์ตเกิดจากการร่วมสร้างระหว่างผู้ชม ผู้เล่น พื้นที่จัดงาน และองค์ประกอบเชิงประสบการณ์อื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้น อีสปอร์ตยังได้รับการยอมรับในเชิงสถาบันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสมาคมกีฬาอีสปอร์ตแห่งประเทศไทยได้รับการรับรองจากการกีฬาแห่งประเทศไทยในฐานะสมาคมกีฬาระดับชาติ และต่อมาอีสปอร์ตได้รับการกำหนดให้เป็นกีฬาอาชีพตามประกาศคณะกรรมการกีฬาอาชีพ พ.ศ. 2564 ซึ่งการยอมรับดังกล่าวทำให้อีสปอร์ตมีสถานะทางนโยบายและกฎหมายที่ชัดเจน

แม้ว่าภาครัฐไทยจะมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมเชิงนโยบายและเชิงสถาบัน โดยเฉพาะการส่งเสริมอุตสาหกรรมเกม อีสปอร์ต แอนิเมชัน และคอนเทนต์ดิจิทัลผ่านหน่วยงานด้านเศรษฐกิจดิจิทัล ดังจะเห็นได้จากโครงการ Esports in Schools ของสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัลที่เป็นตัวอย่างของการเชื่อมโยงอีสปอร์ตกับการศึกษา การพัฒนาทักษะเยาวชน ตลอดจนการเปิดโอกาสให้นักเรียนเห็นเส้นทางอาชีพในวงการอีสปอร์ตอย่างเป็นรูปธรรม ในส่วนของภาคเอกชนก็มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย ทั้งในด้านการสนับสนุนเงินทุน เทคโนโลยี การตลาด แพลตฟอร์มดิจิทัล การผลิตคอนเทนต์ การจัดการแข่งขัน และการสร้างแบรนด์ร่วมกับสโมสรหรือผู้เล่น งานของ Pumsanguan and Thithathan (2022) พบว่าปัจจัยภาครัฐ ภาคเอกชน เทคโนโลยี การแข่งขัน

โครงสร้างพื้นฐาน นักกีฬาอีสปอร์ต และสังคมวัฒนธรรม ล้วนสัมพันธ์กับการบริหารจัดการสโมสรอีสปอร์ตในประเทศไทย นอกจากนี้ ความเป็นมืออาชีพของนักกีฬาอีสปอร์ตยังต้องการระบบสนับสนุนที่รอบด้าน โดย Hong (2023) ระบุว่าการดูแลสุขภาวะกาย ใจ การศึกษา และเส้นทางอาชีพของนักกีฬาอีสปอร์ตควรเป็นความรับผิดชอบร่วมกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย รวมถึงผู้ชมและแฟนคลับที่เป็นผู้บริโภค ผู้ร่วมสื่อสาร ผู้สร้างชุมชน และผู้ร่วมผลิตคุณค่าทางวัฒนธรรมผ่านการมีส่วนร่วมแบบทันทีบนแพลตฟอร์มดิจิทัลดังที่สะท้อนผ่านการสร้างมีมและการผลิตคอนเทนต์ร่อง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาวรรณกรรมที่ผ่านมาอย่างลึกซึ้ง จะพบข้อจำกัดสำคัญประการหนึ่ง คือการขาดการโต้แย้งและการวิเคราะห์เชิงระบบที่เชื่อมโยงการบูรณาการระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วนอย่างเป็นองค์รวม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงมีลักษณะการมองปรากฏการณ์แบบแยกส่วน โดยมุ่งเน้นไปที่มิติใดมิติหนึ่งเพียงอย่างเดียว เช่น การวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ชมหรือการบริหารจัดการสโมสรเฉพาะแห่งตามทัศนะของ Pumsanguan and Thithathan (2022) การศึกษาการร่วมสร้างคุณค่าระดับจุลภาคตามแนวทางของ Kunz, Roth, and Santomier (2022) หรือการดูแลนักกีฬาที่ขาดการบูรณาการในระดับนโยบายโครงสร้างตามข้อสังเกตของ Hong (2023) งานวิจัยในอดีตจึงยังไม่มีงานใดที่อธิบายอย่างชัดเจนว่ากลไกการประสานความร่วมมืออันซับซ้อนระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน สมาคมกีฬาและชุมชน สามารถขับเคลื่อนความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตภายใต้บริบทการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัลของประเทศไทยได้อย่างไร ช่องว่างทางวิชาการนี้ชี้ให้เห็นความจำเป็นเร่งด่วนในการศึกษาโครงสร้างความร่วมมือและการสร้างคุณค่าร่วมกัน บทความนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างทางวรรณกรรมดังกล่าวโดยการตรวจสอบพลวัตและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย เพื่อนำเสนอข้อค้นพบเชิงประจักษ์ที่อธิบายกลไกการบูรณาการระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และเครือข่ายผู้เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนความยั่งยืนของอุตสาหกรรมอีสปอร์ตต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาบทบาทของรัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชม ในการสร้างคุณค่าร่วมภายในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย โดยพิจารณาบทบาทด้านนโยบาย การสนับสนุนทรัพยากร การพัฒนานักกีฬา การสร้างประสบการณ์การแข่งขัน และการมีส่วนร่วมของชุมชนผู้ชม

2. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ รัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชม ที่มีต่อกระบวนการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย ทั้งในมิติทางเศรษฐกิจ สังคม วิชาชีพ วัฒนธรรม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย หมายถึง เครือข่ายความสัมพันธ์ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมอีสปอร์ตในประเทศไทย ได้แก่ ภาครัฐ ภาคเอกชน สโมสรอีสปอร์ต นักกีฬา ผู้จัดการแข่งขัน แพลตฟอร์มดิจิทัล สื่อ ผู้ชม แฟนคลับ และชุมชนผู้เล่น ซึ่งแต่ละฝ่ายมีบทบาทในการสนับสนุน ขับเคลื่อน

และสร้างคุณค่าให้แก่อีสปอร์ตในมิติเศรษฐกิจ สังคม วิชาชีพ วัฒนธรรม และสถาบัน แนวคิดนี้สอดคล้องกับ Kunz, Roth, and Santomier (2022) ที่มองอีสปอร์ตเป็นระบบนิเวศบริการ และ Wong and Meng-Lewis (2023) ที่ชี้ว่าการทำความเข้าใจอีสปอร์ตต้องพิจารณาความสัมพันธ์ขององค์การและผู้เล่นหลักในห่วงโซ่คุณค่า

การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย หมายถึง กระบวนการที่รัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชมร่วมกันสร้าง แลกเปลี่ยน และพัฒนาคุณค่าผ่านบทบาท การมีส่วนร่วม การสื่อสาร การสนับสนุนทรัพยากร และการสร้างประสบการณ์ร่วมกัน ในงานวิจัยนี้ การสร้างคุณค่าร่วมเป็นตัวแปรตาม โดยพิจารณาจากคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม วิชาชีพ วัฒนธรรม และสถาบัน สอดคล้องกับ Kunz et al. (2022) ที่อธิบายว่าคุณค่าในอีสปอร์ตเกิดจากปฏิสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย และ Stegmann, Nagel, and Ströbel (2023) ที่ชี้ว่าการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัลทำให้แฟนกีฬาเป็นผู้ร่วมสร้างประสบการณ์กับทีมกีฬา

ตัวแปรต้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 5 กลุ่ม ได้แก่ บทบาทของรัฐ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบาย มาตรฐาน โครงสร้างพื้นฐาน การพัฒนาบุคลากร การคุ้มครองเยาวชนและนักกีฬา รวมถึงการสร้างความชอบธรรมเชิงสถาบันให้แก่อีสปอร์ตในฐานะกีฬาอาชีพ บทบาทของภาคเอกชน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลงทุน การสนับสนุนทรัพยากร การตลาด เทคโนโลยี แพลตฟอร์ม คอนเทนต์ และโอกาสทางธุรกิจ บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริหารทีม การพัฒนานักกีฬา การสร้างแบรนด์ทีม และการเชื่อมโยงกับผู้สนับสนุนและแฟนคลับ บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต ซึ่งเกี่ยวข้องกับสมรรถนะการแข่งขัน ความเป็นมืออาชีพ ภาพลักษณ์ ความน่าเชื่อถือ และการเป็นแรงบันดาลใจ และบทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับชม การสนับสนุนทีม การมีส่วนร่วมทางดิจิทัล การสร้างชุมชนออนไลน์ และการขยายคุณค่าทางวัฒนธรรมของอีสปอร์ต

ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หมายถึง กระบวนการที่รัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา ผู้ชม และภาคส่วนที่เกี่ยวข้องมีการประสานงาน แลกเปลี่ยนข้อมูล แบ่งปันทรัพยากร สื่อสาร และดำเนินกิจกรรมร่วมกันเพื่อพัฒนาระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย โดยพิจารณาจากการมีเป้าหมายร่วม การสื่อสาร ความไว้วางใจ การแบ่งปันทรัพยากร และการดำเนินกิจกรรมร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ความร่วมมือดังกล่าวเป็นกลไกสำคัญที่เชื่อมโยงบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียไปสู่การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย หมายถึง ความสามารถของระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยในการเติบโต ดำรงอยู่ และสร้างคุณค่าได้อย่างต่อเนื่อง โดยครอบคลุมมิติทางเศรษฐกิจ สังคม วิชาชีพ วัฒนธรรม และสถาบัน ในงานวิจัยนี้ ความยั่งยืนเป็นมิติสนับสนุนของการสร้างคุณค่าร่วม โดยสะท้อนจากความต่อเนื่องของความร่วมมือ ความเป็นมืออาชีพ การยอมรับทางสังคม การพัฒนานักกีฬาและบุคลากร และการเติบโตของอีสปอร์ตไทยอย่างมีทิศทาง สอดคล้องกับ Nyström et al. (2022) ที่ชี้ว่า ความยั่งยืนของอีสปอร์ตเกี่ยวข้องกับสุขภาวะ ความครอบคลุม การกำกับดูแล และโครงสร้างธุรกิจ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัย ได้แก่ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย ประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล สมาคมกีฬาอีสปอร์ต ภาคเอกชน ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ ผู้บริหารหรือผู้จัดการสโมสรอีสปอร์ต นักกีฬาอีสปอร์ต โค้ช ผู้จัดการแข่งขัน ผู้ผลิตคอนเทนต์ สื่อด้านอีสปอร์ต ผู้ชม แฟนคลับ และสมาชิกชุมชนผู้เล่น

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยจำนวน 400 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงร่วมกับการกำหนดโควตาตามประเภทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้นของการวิจัย ได้แก่ บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย ประกอบด้วยบทบาทของรัฐ บทบาทของภาคเอกชน บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต และบทบาทของผู้ชม/แฟนคลับ

ตัวแปรตามของการวิจัย ได้แก่ การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย ซึ่งหมายถึงคุณค่าที่เกิดจากการมีส่วนร่วมและปฏิสัมพันธ์ของรัฐ ภาคเอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชม โดยครอบคลุมคุณค่าทางเศรษฐกิจ คุณค่าทางสังคม คุณค่าทางวิชาชีพ คุณค่าทางวัฒนธรรม และคุณค่าทางสถาบัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับระบบนิเวศอีสปอร์ต แนวคิดผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย แนวคิดการสร้างคุณค่าร่วม และแนวคิดความร่วมมือในระบบนิเวศบริการ แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย แบบสอบถามใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด และระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด การใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับมีความเหมาะสมกับการเก็บข้อมูลเชิงสำรวจ ทำให้ผู้ตอบสามารถประเมินระดับความคิดเห็นได้ง่าย ชัดเจน และเหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณทั่วไป

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการบริหารกีฬา อีสปอร์ต การตลาดดิจิทัล การจัดการธุรกิจ หรือระเบียบวิธีวิจัย พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์และนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร จากนั้นนำผลการประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง หรือ Item-Objective Congruence: IOC โดยข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หลังจากปรับปรุงแบบสอบถามตาม

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของข้อคำถาม และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค หากตัวแปรแต่ละด้านมีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ถือว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

4. ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิจัยครั้งนี้เป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย จำนวน 400 คน

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามบทบาทในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

บทบาทของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
ผู้แทนภาครัฐ หน่วยงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล และสมาคมกีฬาอีสปอร์ต	30	7.50
ภาคเอกชนและผู้สนับสนุนทางธุรกิจ	70	17.50
ผู้บริหารหรือผู้จัดการสโมสรอีสปอร์ต	55	13.75
นักกีฬาอีสปอร์ตและโค้ช	80	20.00
ผู้จัดการแข่งขัน ผู้ผลิตคอนเทนต์ และสื่อด้านอีสปอร์ต	45	11.25
ผู้ชม แฟนคลับ และสมาชิกชุมชนผู้เล่น	120	30.00
รวม	**400**	**100.00**

เมื่อพิจารณาประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต 3–5 ปี จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50 รองลงมาคือ มีประสบการณ์ 1–2 ปี จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 23.75 มีประสบการณ์ 6–8 ปี จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 และมีประสบการณ์มากกว่า 8 ปี จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 16.25 ตามลำดับ

จากตารางพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต 3–5 ปี จำนวน 147 คน คิดเป็นร้อยละ 36.75 รองลงมาคือ มีประสบการณ์ 1–2 ปี จำนวน 96 คน คิดเป็นร้อยละ 24.00 และมีประสบการณ์ 6–8 ปี จำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 22.75 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรวิจัย

ตัวแปรวิจัย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
บทบาทของรัฐ	3.87	0.68	มาก
บทบาทของภาคเอกชน	4.23	0.62	มาก
บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต	4.17	0.64	มาก
บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต	4.32	0.58	มาก
บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ	4.39	0.56	มาก
ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	4.03	0.67	มาก
การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย	4.21	0.57	มาก
ภาพรวม	4.17	0.51	มาก

จากตารางพบว่า ภาพรวมของระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรวิจัยอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า ตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 รองลงมาคือ บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และบทบาทของภาคเอกชน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ส่งผลต่อความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ตัวแปรพยากรณ์	B	SE	Beta	t	p-value
บทบาทของรัฐ	0.142	0.047	0.147	3.021	0.003
บทบาทของภาคเอกชน	0.213	0.046	0.218	4.673	<0.001
บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต	0.179	0.044	0.186	4.069	<0.001
บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต	0.168	0.046	0.173	3.647	<0.001
บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ	0.257	0.043	0.264	5.981	<0.001

$R = 0.762$, $R^2 = 0.581$, Adjusted $R^2 = 0.576$, $F = 109.284$, $p < 0.001$

ผลการวิเคราะห์พบว่า บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งห้ากลุ่มสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ร้อยละ 58.1 โดยโมเดลมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน พบว่า บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับมีอิทธิพลสูงที่สุด รองลงมาคือ บทบาทของภาคเอกชน บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต และบทบาทของรัฐ ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ส่งผลต่อการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

ตัวแปรพยากรณ์	B	SE	Beta	t	p-value
บทบาทของรัฐ	0.121	0.044	0.126	2.741	0.006
บทบาทของภาคเอกชน	0.187	0.043	0.192	4.348	<0.001
บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต	0.158	0.045	0.163	3.511	<0.001
บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต	0.209	0.044	0.214	4.726	<0.001
บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ	0.242	0.042	0.249	5.762	<0.001

$R = 0.787$, $R^2 = 0.619$, Adjusted $R^2 = 0.614$, $F = 128.376$, $p < 0.001$

ผลการวิเคราะห์พบว่า บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งห้ากลุ่มสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยได้ร้อยละ 61.9 โดยโมเดลมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน พบว่า บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับยังคงเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุด รองลงมาคือ บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต บทบาทของภาคเอกชน บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต และบทบาทของรัฐ ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของบทบาทผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและความร่วมมือที่ส่งผลต่อการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

ตัวแปรพยากรณ์	B	SE	Beta	t	p-value
บทบาทของรัฐ	0.087	0.042	0.091	2.071	0.039
บทบาทของภาคเอกชน	0.133	0.041	0.137	3.248	0.001
บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต	0.114	0.042	0.118	2.714	0.007
บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต	0.158	0.041	0.162	3.854	<0.001
บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ	0.183	0.041	0.188	4.463	<0.001
ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	0.312	0.044	0.319	7.084	<0.001

$R = 0.834$, $R^2 = 0.696$, Adjusted $R^2 = 0.691$, $F = 149.237$, $p < 0.001$

จากตารางเมื่อเพิ่มตัวแปรความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าไปในโมเดล พบว่า ตัวแปรทั้งหมดสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยได้ร้อยละ 69.6 โดยโมเดลมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าอำนาจการอธิบายเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 61.9 ในตารางที่ 8 เป็นร้อยละ 69.6 ในตารางที่ 9 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.7 แสดงให้เห็นว่า ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียช่วยเพิ่มความสามารถในการพยากรณ์การสร้างคุณค่าร่วมได้อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน พบว่า ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุด

รองลงมาคือ บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับ บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต บทบาทของภาคเอกชน บทบาทของสโมสรอีสปอร์ต และบทบาทของรัฐ ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ครอบคลุมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย โดยส่วนใหญ่เป็นผู้ชม แฟนคลับ และสมาชิกชุมชนผู้เล่น ซึ่งมีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต 3–5 ปี สะท้อนว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเหมาะสมต่อการให้ข้อมูล ผลการศึกษาระดับความคิดเห็นพบว่า ตัวแปรทุกตัวอยู่ในระดับมาก โดยบทบาทของผู้ชมและแฟนคลับมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ต ภาคเอกชน การสร้างคุณค่าร่วม สโมสรอีสปอร์ต ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และบทบาทของรัฐ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยขับเคลื่อนอย่างเด่นชัดจากฐานผู้ชม นักกีฬา และภาคเอกชน

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า บทบาทของรัฐ ภาคเอกชน สโมสรอีสปอร์ต นักกีฬาอีสปอร์ต และผู้ชม สามารถร่วมกันอธิบายความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ร้อยละ 58.1 และอธิบายการสร้างคุณค่าร่วมได้ร้อยละ 61.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเพิ่มตัวแปรความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าไปในโมเดล พบว่าสามารถอธิบายการสร้างคุณค่าร่วมได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 69.6 โดยความร่วมมือเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุด สะท้อนว่า การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยจำเป็นต้องอาศัยการประสานบทบาทของทุกภาคส่วนอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

อภิปรายผล

อีสปอร์ตไทยเป็นระบบนิเวศที่เกิดจากบทบาทร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย ไม่ได้เกิดจากหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเพียงลำพัง ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kunz, Roth, and Santomier (2022) เรื่อง “A perspective on value co-creation processes in eSports service ecosystems” ที่อธิบายว่า อีสปอร์ตเป็นระบบนิเวศบริการที่คุณค่าเกิดจากปฏิสัมพันธ์ของผู้กระทำการหลายกลุ่ม

บทบาทของผู้ชมและแฟนคลับมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และมีอิทธิพลต่อทั้งความร่วมมือและการสร้างคุณค่าร่วมมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ชมไม่ได้เป็นเพียงผู้รับชมการแข่งขัน แต่เป็นผู้ร่วมสร้างคุณค่าผ่านการสนับสนุนทีม การมีส่วนร่วมทางดิจิทัล และการสร้างชุมชนออนไลน์ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Huettermann and Pizzo (2022) เรื่อง “Esports fan engagement: A comparison of PC and console esports team fans” ที่พบว่าแฟนอีสปอร์ตมีบทบาทสำคัญต่อความผูกพันกับทีม และสอดคล้องกับ Jung, Chen, and Cai (2024) เรื่อง “Beyond video game competition: Novel dimensions of live esports event experiences through co-creation” ที่อธิบายว่าประสบการณ์อีสปอร์ตเกิดจากการร่วมสร้างระหว่างผู้ชม ผู้เล่น และองค์ประกอบทางสังคมของกิจกรรม

บทบาทของนักกีฬาอีสปอร์ตอยู่ในระดับมากและมีค่าเฉลี่ยรองจากผู้ชมและแฟนคลับ แสดงให้เห็นว่านักกีฬาเป็นผู้สร้างคุณค่าผ่านสมรรถนะการแข่งขัน ภาพลักษณ์ ความน่าเชื่อถือ และแรงบันดาลใจ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Hong (2023) เรื่อง “eSports: The need for a structured support system for players” ที่ชี้ว่านักกีฬาอีสปอร์ตเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศ และควรได้รับการสนับสนุนด้านสุขภาวะ การศึกษา และเส้นทางอาชีพอย่างเป็นระบบ

บทบาทของภาคเอกชนและสโมสรอีสปอร์ตมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความร่วมมือและการสร้างคุณค่าร่วม แสดงให้เห็นว่าภาคเอกชนช่วยสนับสนุนทรัพยากร การลงทุน การตลาด และเทคโนโลยี ขณะที่สโมสรทำหน้าที่เชื่อมโยงนักกีฬา การแข่งขัน ผู้สนับสนุน และแฟนคลับ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Wong and Meng-Lewis (2023) เรื่อง “Esports: An exploration of the advancing esports landscape, actors and interorganisational relationships” ที่อธิบายว่าอุตสาหกรรมอีสปอร์ตดำรงอยู่ผ่านความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นหลักในห่วงโซ่คุณค่า และสอดคล้องกับ Pumsanguan and Thithathan (2022) เรื่อง “Causal factors related to management of eSport clubs in Thailand ” ที่พบว่าการบริหารสโมสรอีสปอร์ตไทยเกี่ยวข้องกับปัจจัยภาคเอกชน เทคโนโลยี การแข่งขัน โครงสร้างพื้นฐาน และสังคมวัฒนธรรม

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยมีความไม่สอดคล้องบางส่วนกับ Pumsanguan and Thithathan (2022) ในประเด็นบทบาทภาครัฐ โดยงานดังกล่าวพบว่าปัจจัยหน่วยงานภาครัฐมีค่าสัมประสิทธิ์เชิงลบต่อการจัดการสโมสรอีสปอร์ต ขณะที่การวิจัยครั้งนี้พบว่าบทบาทของรัฐมีอิทธิพลเชิงบวก แต่มีค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ต่ำกว่าตัวแปรอื่น ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากระดับการวิเคราะห์ที่ต่างกัน กล่าวคืองานเดิมเน้นการบริหารสโมสร ขณะที่งานวิจัยนี้วิเคราะห์ระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยในภาพรวม

บทบาทของรัฐแม้อยู่ในระดับมาก แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด สะท้อนว่าภาครัฐยังควรพัฒนาบทบาทด้านนโยบาย มาตรฐาน การคุ้มครองนักกีฬา การส่งเสริมเยาวชน และการประสานความร่วมมือระหว่างภาคส่วนให้เป็นระบบมากขึ้น ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Nyström et al. (2022) เรื่อง “Current issues of sustainability in esports” ที่ชี้ว่าอีสปอร์ตยังเผชิญประเด็นด้านความยั่งยืน เช่น สุขภาวะของผู้เล่น ความครอบคลุม การกำกับดูแล และโครงสร้างอุตสาหกรรม

เมื่อพิจารณาความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย พบว่าเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุดต่อการสร้างคุณค่าร่วมเมื่อเพิ่มเข้าในการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าความร่วมมือเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้บทบาทของรัฐ เอกชน สโมสร นักกีฬา และผู้ชมเชื่อมโยงกันอย่างเป็นรูปธรรม ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Kunz et al. (2022) และ Wong and Meng-Lewis (2023) ที่เน้นว่าการสร้างคุณค่าร่วมในอีสปอร์ตเกิดจากปฏิสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างองค์การ และความร่วมมือในระบบนิเวศ

6. เอกสารอ้างอิง

กรมประชาสัมพันธ์. (2567). ดีอี–ดีป้า สร้างโอกาสใหม่ประเทศไทย ส่งเสริมอุตฯ อีสปอร์ต ปูทางอาชีพคนรุ่นใหม่. สืบค้นจาก https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/id/39/iid/330753

กุลชา ปรีดาศักดิ์. (2566). แนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ต (Esports) ไทย. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้นจาก https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2023/TU_2023_6423110078_16836_27767.pdf

คณะกรรมการกีฬาอาชีพ. (2564). ประกาศคณะกรรมการกีฬาอาชีพ เรื่อง กำหนดชนิดหรือประเภทกีฬาที่เป็นกีฬาอาชีพ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564. ราชกิจจานุเบกษา, 138(ตอนพิเศษ 224 ง), 52. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/224/T_0052.PDF

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2567ก). กระทรวงดีอี–ดีป้า เดินหน้าพัฒนา Esports Sandbox ผ่านโครงการ depa ESPORTS วางรากฐาน สร้างความเข้าใจ ยกระดับอุตสาหกรรมอีสปอร์ตไทยแบบองค์รวมอย่างเป็นระบบ. สืบค้นจาก https://www.depa.or.th/th/article-view/20241105_01

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2567ข). ขอเชิญสถานศึกษาเข้าร่วมสมัครโครงการ “Esports in Schools” ในการปูทางเยาวชนรุ่นใหม่ยกระดับสู่วงการอีสปอร์ต. สืบค้นจาก https://www.depa.or.th/th/article-view/esports-schools

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2568). อุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ไทย 2024: Game, animation, character, e-book + esports. สืบค้นจาก https://www.depa.or.th/storage/app/media/file/depa_DC25_PressCon_Presentation_TH.pdf

Hong, H. J. (2023). eSports: The need for a structured support system for players. European Sport Management Quarterly, 23(5) , 1430– 1453. doi:10.1080/16184742.2022.2028876

Huettermann, M., & Pizzo, A. D. (2022). Esports fan engagement: A comparison of PC and console esports team fans. Frontiers in Sports and Active Living, 4, 880294. doi:10.3389/fspor.2022.880294

Jung, S., Chen, J., & Cai, L. A. (2024). Beyond video game competition: Novel dimensions of live esports event experiences through co-creation. Journal of Hospitality & Tourism Research, 48(8), 1453–1466. doi:10.1177/10963480231220282

Kunz, R. E., Roth, A., & Santomier, J. P. (2022). A perspective on value co-creation processes in eSports service ecosystems. Sport, Business and Management: An International Journal, 12(1), 29–53. doi:10.1108/SBM-03-2021-0039

Nyström, A.-G., McCauley, B., Macey, J., Scholz, T. M., Besombes, N., Cestino, J., Hiltscher, J., Orme, S., Rumble, R., & Törhönen, M. (2022). Current issues of sustainability in esports. International Journal of Esports, 1(1) , 1– 19. Retrieved from https://www.ijesports.org/article/94/html

Pumsanguan, C., & Thithathan, S. (2022). Causal factors related to management of eSport clubs in Thailand. Annals of Applied Sport Science, 10(S1) , e1079. doi:10.52547/aassjournal.1079

Stegmann, P., Nagel, S., & Ströbel, T. (2023). The digital transformation of value co-creation: A scoping review towards an agenda for sport marketing research. European Sport Management Quarterly, 23(4), 1221–1248. doi:10.1080/16184742.2021.1976241

Thailand E-Sport Federation. (2026). History of Thailand E-Sport Federation. Retrieved from https://tesf.or.th/?lang=en&page_id=5105

Wong, D., & Meng-Lewis, Y. (2023). Esports: An exploration of the advancing esports landscape, actors and interorganisational relationships. Sport in Society, 26(6), 943–969. doi:10.1080/17430437.2022.2086458

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

ประสิทธิภาพของป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบต่อการให้บริการเช็คอินของสายการบินต้นทุนต่ำแห่งหนึ่ง ณ ท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่

The Effectiveness of Japanese Signage on Baggage Regulations for Low-Cost Carrier Check-In Services at Chiang Mai International Airport

ธาณุพรรณ ณ สงขลา ฐิติรัตน์ เทียมสิงห์ และ พีรยา สมศักดิ์*
Thanupun Na Songkhla Thitirat Thiamsing and Peeraya Somsak*

วิชาเอกธุรกิจการค้าและบริการ บริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Trade and Service Business, Faculty of Business Administration and Liberal Arts

*E-mail: drpeeraya@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการเช็คอินและอัตราการปฏิบัติตามข้อก หนด รวมถึงประเมินระดับความเข้าใจภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระ ณ ท่าอากาศยานเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 1) ข้อมูลการสังเกตระยะเวลาให้บริการเช็คอินจากผู้โดยสารจานวน 499 คน แบ่งเป็นก่อนติดตั้งป้าย 347 คน และหลังติดตั้งป้าย 152 คน และ 2) กลุ่มตัวอย่างส าหรับสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติตามข้อก าหนดจ านวน 100 คน แบ่งเป็นก่อนและหลังติดตั้งป้ายกลุ่มละ 50 คน โดยผู้โดยสารกลุ่มหลังติดตั้งป้ายจานวน 50 คน กลุ่มเดียวกับผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความเข้าใจต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการติดตั้งป้าย ระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการเช็คอินลดลงอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .001 จาก 1.77 เหลือ 0.96 นาทีต่อคน (ลดลงร้อยละ 45.77) ขณะที่อัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดสัมภาระได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยส าคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากร้อยละ 66.00 เป็นร้อยละ 90.00 นอกจากนี้ ผลการประเมินระดับความเข้าใจภายหลังการติดตั้งป้ายพบว่า ผู้โดยสารมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก (Mean = 3.57, S.D. = 0.95) สรุปได้ว่าป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นช่วยลดระยะเวลาในให้บริการเช็คอิน เพิ่มความถูกต้องในการปฏิบัติตามข้อกาหนดด้านสัมภาระ และส่งเสริมความเข้าใจของผู้โดยสารต่อข้อมูลที่สื่อสารผ่านป้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น, สัมภาระและกฎระเบียบ, การเช็คอิน, ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น, สายการบินต้นทุนต่ำ

The Effectiveness of Japanese Signage on Baggage Regulations for Low-Cost Carrier Check-In Services at Chiang Mai International Airport

Thanupun Na Songkhla Thitirat Thiamsing and Peeraya Somsak*

Trade and Service Business, Faculty of Business Administration and Liberal Arts

*E-mail: drpeeraya@rmutl.ac.th

Abstract

This quasi-experimental study aimed to compare check-in service efficiency and baggage regulation compliance, as well as to assess passengers' level of understanding following the installation of a Japanese-language baggage information sign at Chiang Mai International Airport. The sample consisted of two components: (1) observations of check-in service time involving 499 passengers, comprising 347 passengers before and 152 passengers after the sign installation; and (2) behavioral observations of baggage regulation compliance involving 100 passengers, with 50 passengers observed before and 50 passengers observed after the installation. The 50 passengers in the post-installation observation group were the same participants who completed the questionnaire assessing their level of understanding of the Japanese-language baggage information sign. The results indicated that, following the sign installation, the average check-in service time decreased significantly at the .001 level from 1.77 to 0.96 minutes per passenger, representing a 45.77% reduction. Meanwhile, the rate of correct compliance with baggage regulations increased significantly at the .01 level from 66.00% to 90.00%. Furthermore, the post-installation assessment showed that passengers' overall level of understanding was high (Mean = 3.57, S.D. = 0.95). In conclusion, the Japanese-language baggage information sign reduced check-in service time, improved compliance with baggage regulations, and enhanced passengers' understanding of the information communicated through the sign.

Keywords: Japanese-language sign, baggage regulations, check-in service, Japanese passengers, low-cost airline

1. บทนำ

ปัจจุบันนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่นเดินทางเข้าประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2567 มีจานวนกว่า 1,050,904 คน เติบโตขึ้นจากปีก่อนหน้าร้อยละ 30.68 (Ministry of Tourism and Sports, 2025) ส่งผลให้ความต้องการเดินทางภายในประเทศ โดยเฉพาะเส้นทางกรุงเทพมหานคร–เชียงใหม่ เพิ่มสูงขึ้นในการรองรับปริมาณผู้โดยสารดังกล่าว สายการบินต้นทุนต ่า(Low-Cost Carrier: LCC) มีบทบาทส าคัญอย่างยิ่ง ซึ่งจาเป็นต้องบริหารจัดการกระบวนการเช็คอินให้มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อลดความแออัด ณ ท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่

อย่างไรก็ตาม จากการปฏิบัติงานจริง ณ เคาน์เตอร์เช็คอินของสายการบินต้นทุนต่าแห่งหนึ่ง ผู้วิจัยพบว่า อุปสรรคด้านภาษา เป็นปัจจัยสาคัญที่ก่อให้เกิดความล่าช้า ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นบางส่วนไม่เข้าใจข้อกาหนดด้านสัมภาระและสิ่งของต้องห้าม เช่น พาวเวอร์แบงก์และแบตเตอรี่ลิเธียม ที่สื่อสารผ่านภาษาอังกฤษ ส่งผลให้มีการปฏิบัติผิดข้อกาหนด พนักงานจึงต้องใช้เวลาอธิบายและตรวจแก้ไขสัมภาระซ้าหลายครั้ง ซึ่งกระทบต่อความคล่องตัวและประสิทธิภาพการดาเนินงานโดยรวม ตามแนวคิดด้านการสื่อสารและสัญญะวิทยา การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพผ่านการใช้ข้อความที่เหมาะสมร่วมกับภาพประกอบและสัญลักษณ์ จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนและทาให้ผู้รับสารตีความข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (กาญจนา แก้วเทพ, 2541; สุรพงษ์ โสธนะเสถียร, 2563; Mayer, 2001) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ศึกษาถึงการประยุกต์ใช้สื่อประชาสัมพันธ์เฉพาะกลุ่มภาษา อย่างป้ายภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระเพื่อสนับสนุนการให้บริการภาคพื้นดินในประเทศไทย ยังมีอยู่ค่อนข้างจ ากัด

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนา ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบขึ้น เพื่อใช้งาน ณ เคาน์เตอร์เช็คอิน และศึกษาเชิงประจักษ์ถึงประสิทธิภาพของป้ายดังกล่าวต่อการลดระยะเวลาในการให้บริการและการเพิ่มอัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดอย่างถูกต้อง ผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางส าคัญในการพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ข้ามวัฒนธรรม และยกระดับคุณภาพการให้บริการของสายการบินต่อไป

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบ
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการปฏิบัติตามข้อกาหนดด้านสัมภาระของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสาร
3. เพื่อศึกษาระดับความเข้าใจของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นภายหลังการติดตั้งป้าย

สมมติฐานการวิจัย

1. ระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการเช็คอินของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น ภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น น้อยกว่า ก่อนการติดตั้งป้ายสื่อสาร
2. อัตราการปฏิบัติตามข้อ าหนดด้านสัมภาระได้ถูกต้องของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น ภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น สูงกว่า ก่อนการติดตั้งป้ายสื่อสาร

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสาร การสื่อสาร (Communication) เป็นกระบวนการถ่ายทอดความหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกัน (สุรพงษ์ โสธนะเสถียร, 2563) โดยกระบวนการนี้ต้องคานึงถึงอุปสรรค (Noise) ที่อาจทาให้ผู้รับสารตีความข้อมูลคลาดเคลื่อนได้ (Wood, 2004) ในการวิจัยครั้งนี้ ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นจึงทาหน้าที่เป็นช่องทางในการถ่ายทอดข้อมูล เพื่อลดอุปสรรคด้านภาษา และเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการเช็คอินแก่ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญะวิทยา สัญญะวิทยา (Semiotics) เป็นศาสตร์ที่ที่ศึกษาการตีความความหมายผ่านสัญลักษณ์และภาพช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจความหมายได้อย่างรวดเร็ว (กาญจนา แก้วเทพ, 2541) ผู้วิจัยได้น าแนวคิดนี้มาออกแบบป้ายสื่อสาร โดยใช้ข้อความภาษาญี่ปุ่นร่วมกับภาพประกอบของสิ่งของต้องห้าม เช่น พาวเวอร์แบงก์ และแบตเตอรี่ลิเธียม เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถตีความและเข้าใจข้อก าหนดได้ง่าย

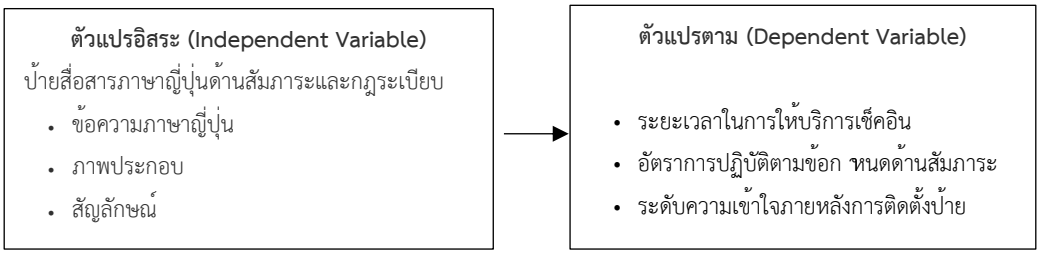
แนวคิดและทฤษฎีด้านจิตวิทยาการรับรู้ มนุษย์สามารถประมวลผลและทาความเข้าใจภาพสัญลักษณ์ได้รวดเร็วกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว (Goldstein, 2014; Mayer, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดภาระทางการรับรู้ (Cognitive Load Theory) ที่อธิบายว่าการนาเสนอข้อมูลที่ซับซ้อนเกินไปจะเพิ่มภาระในการประมวลผลของสมอง (Sweller, 1994) การออกแบบสื่อให้มีข้อความกระชับและใช้ภาพประกอบที่ชัดเจน จึงช่วยลดความสับสนและท าให้ผู้โดยสารรับรู้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วก่อนเข้าสู่กระบวนการเช็คอิน

แนวคิดการสื่อสารระหว่างวัฒนธรรม การสื่อสารระหว่างวัฒนธรรม (Intercultural Communication) ความแตกต่างด้านภาษา ระบบสัญลักษณ์ และบริบททางวัฒนธรรมอาจท าให้ผู้ส่งสารและผู้รับสารตีความข้อมูลแตกต่างกัน การออกแบบป้ายที่ใช้ภาษาของกลุ่มเป้าหมายร่วมกับภาพและสัญลักษณ์สากล จึงช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสารระหว่างพนักงานสายการบินกับผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น ในการวิจัยครั้งนี้ แนวคิดการสื่อสารระหว่างวัฒนธรรมถูกนามาใช้อธิบายบทบาทของป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นในการลดช่องว่างด้านภาษาและความแตกต่างของบริบทการสื่อสารระหว่างผู้ให้บริการชาวไทยกับผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น

กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้ก าหนดกรอบแนวคิดเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของการศึกษาวิจัย โดยมี ตัวแปรอิสระ คือ ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบด้านข้อความภาษาญี่ปุ่น ภาพประกอบ และสัญลักษณ์ และมี ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง 3 ด้าน ได้แก่

1) ระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน 2) อัตราการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านสัมภาระของผู้โดยสาร และ 3) ระดับความเข้าใจภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสาร ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบที่มีต่อการให้บริการเช็คอินของสายการบินต้นทุนต่ำแห่งหนึ่ง ณ ท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

การวิจัยดำเนินการโดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น โดยกำหนดตัวแปรที่ศึกษา 3 ด้าน ได้แก่ ความเข้าใจของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นต่อข้อกำหนดด้านสัมภาระ อัตราการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านสัมภาระได้ถูกต้อง และระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน คือ ระหว่างเวลา 09.00–17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณผู้โดยสารค่อนข้างหนาแน่น เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในการให้บริการให้มีความใกล้เคียงกัน และลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลต่อผลการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นที่เดินทางมาใช้บริการเช็คอินและโหลดสัมภาระ ณ เคาน์เตอร์ของสายการบินต้นทุนต่ำ ท่าอากาศยานเชียงใหม่ สำหรับเที่ยวบินภายในประเทศ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง เฉพาะผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นที่เดินทางในเที่ยวบินภายในประเทศและเข้ารับบริการเช็คอินและโหลดสัมภาระ ณ เคาน์เตอร์เช็คอินของสายการบินในช่วงเวลาที่กำหนดสำหรับการเก็บข้อมูล สำหรับการประเมินระดับความเข้าใจ ผู้โดยสารต้องเป็นผู้ที่ได้เห็นป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น ก่อนตอบแบบสอบถามและยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย เกณฑ์การคัดออกคือผู้โดยสารที่ไม่ได้เป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกข้างต้น จะไม่ถูกรวมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินผลลัพธ์ 3 ด้าน ได้แก่ ระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน อัตราการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านสัมภาระ และระดับความ

เข้าใจต่อป้ายสื่อสาร โดยใช้เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การสังเกตระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน ใช้การสังเกตและบันทึกระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินจากผู้โดยสารทั้งหมด 499 คน ประกอบด้วย กลุ่มก่อนติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น 347 คน ซึ่งเก็บข้อมูล 34 รอบการสังเกต) และกลุ่มหลังติดตั้งป้าย 152 คน ซึ่งเก็บข้อมูล 20 รอบการสังเกต

2) การสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระและการประเมินระดับความเข้าใจ ใช้การสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติตามข้อกาหนดด้านสัมภาระจากผู้โดยสารจานวน 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มก่อนการติดตั้งป้ายจ านวน50 คน และกลุ่มหลังการติดตั้งป้ายจ านวน50 คน โดยผู้โดยสารกลุ่มหลังการติดตั้งป้ายจานวน 50 คนดังกล่าว เป็นกลุ่มเดียวกับผู้ตอบแบบสอบถามประเมินระดับความเข้าใจต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น

ดังนั้น ผู้ตอบแบบสอบถามจึงมิใช่กลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติม แต่เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มตัวอย่างหลังติดตั้งป้ายที่ใช้ในการสังเกตพฤติกรรมทั้งนี้ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ทั้งกลุ่มสังเกตการณ์จานวน 499 คน (ส าหรับการทดสอบสถิติผ่าน 54 รอบการสังเกต) และกลุ่มประเมินพฤติกรรมจ านวน100 คน มีจ านวนสูงกว่าเกณฑ์ขนาดตัวอย่างขั้นต่าที่แนะน าจากการวิเคราะห์อ านาจการทดสอบ (Power Analysis) ตามแนวทางของ Cohen (1988) ส าหรับการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ระดับนัยสาคัญ .05 ซึ่งยืนยันเชิงประจักษ์ได้ว่าขนาดตัวอย่างมีความเพียงพอ (Adequate Sample Size) และส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีความน่าเชื่อถือสูง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นเกี่ยวกับข้อก าหนดด้านสัมภาระและสิ่งของต้องห้าม ป้ายสื่อสารดังกล่าวจัดทาขึ้นเพื่อใช้สื่อสารข้อมูลสาคัญแก่ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น เช่น ข้อกาหนดเกี่ยวกับพาวเวอร์แบงก์ แบตเตอรี่ของมีคม และสิ่งของต้องห้ามในสัมภาระ โดยใช้ภาษาญี่ปุ่นร่วมกับภาพประกอบและสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่าย เพื่อช่วยให้ผู้โดยสารสามารถรับรู้ข้อมูลและปฏิบัติตามข้อก าหนดได้อย่างถูกต้องก่อนเข้าสู่กระบวนการเช็คอิน

2. แบบบันทึกเวลาและพฤติกรรมการเช็คอิน ใช้สาหรับบันทึกข้อมูลการให้บริการเช็คอินของผู้โดยสารแต่ละราย โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่ผู้โดยสารยื่นเอกสารการเดินทางจนถึงพนักงานคืนบัตรโดยสาร (Boarding Pass) พร้อมทั้งบันทึกพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน (นาที) และการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระของผู้โดยสาร (ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง)

3. แบบสอบถามความเข้าใจของผู้โดยสารต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น แบบสอบถามใช้เก็บข้อมูลจากผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นหลังจากได้รับบริการเช็คอินในช่องทางที่มีการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น โดยเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) จ านวน7 ข้อ

3.3 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การหาความเที่ยงตรง (Validity) ผู้วิจัยนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นเกี่ยวกับข้อกาหนดด้านสัมภาระและสิ่งของต้องห้าม แบบบันทึกเวลาและพฤติกรรมการเช็คอิน และแบบสอบถามความเข้าใจของผู้โดยสารต่อป้าย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จ านวน3 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องความเหมาะสม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และนาผลการประเมินมาคานวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อค าถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการตรวจสอบพบว่าแบบสอบถามมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่าข้อค าถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและสามารถนาไปใช้ได้ การหาความเชื่อมั่น (Reliability) ภายหลังจากปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้น าแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จานวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กาหนดไว้ (≥ 0.70) แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและมีความคงเส้นคงวา (Consistency) สูง จึงสามารถน าไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเตรียมและตรวจสอบเครื่องมือ ออกแบบป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นและสร้างแบบสอบถาม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจ านวน3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาเพื่อปรับปรุงก่อนน าไปใช้จริง

2. การทดลองและเก็บข้อมูลเชิงสังเกต ดาเนินการบันทึกระยะเวลาให้บริการและอัตราการทาถูกข้อก าหนดณ เคาน์เตอร์เช็คอิน ท่าอากาศยานเชียงใหม่ (เวลา 09.00–13.00 น.) โดยแบ่งเป็น กลุ่มก่อนติดตั้งป้าย จ านวน 347 คน (34 รอบ) และกลุ่มหลังติดตั้งป้าย จ านวน 152 คน (20 รอบ)

3. การประเมินความเข้าใจ ภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการเช็คอิน ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมเก็บข้อมูลจากผู้โดยสารกลุ่มหลังทดลองจานวน 50 คน ด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความเข้าใจ จากนั้นจึงนาข้อมูลทั้งหมดไปตรวจสอบความสมบูรณ์และวิเคราะห์ทางสถิติ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ความถี่และร้อยละในการวิเคราะห์อัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระ และใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจจากแบบสอบถาม โดยมีเกณฑ์แปลผล 5 ระดับ

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้สถิติทดสอบ Independent Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาเฉลี่ยในการให้บริการเช็คอินก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น โดย หน่วยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ (Unit of Analysis) คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการให้บริการต่อผู้โดยสารในแต่ละรอบการสังเกต (Observation Round) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลก่อนการติดตั้ง

ป้ายจานวน 34 รอบการสังเกต และหลังการติดตั้งป้ายจานวน 20 รอบการสังเกต มิใช่จานวนผู้โดยสารรายบุคคล ทั้งนี้ ผู้โดยสารรวมจ านวน499 คน ถูกใช้เป็นฐานในการค านวณค่าเฉลี่ยระยะเวลาในแต่ละรอบการสังเกต ก่อนนาค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Independent Samples t-test เนื่องจากข้อมูลก่อนและหลังการติดตั้งป้ายเป็นอิสระต่อกัน (Independent Observations)

ส าหรับการเปรียบเทียบอัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระ ใช้สถิติ Chi-Square Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น พร้อมทั้งคานวณขนาดอิทธิพล (Effect Size) โดยใช้ค่า Cohen's d สาหรับผลการทดสอบ t-test และค่าสัมประสิทธิ์ไฟ (Phi Coefficient: Ø) ส าหรับผลการทดสอบ Chi-Square เพื่อแสดงขนาดของผลกระทบจากการทดลอง

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบ

จากการสังเกตการณ์ ณ เคาน์เตอร์เช็คอิน พบว่า ก่อนติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น ผู้โดยสารบางส่วนขาดความเข้าใจข้อกาหนดเรื่องสิ่งของต้องห้าม (เช่น พาวเวอร์แบงก์ แบตเตอรี่ลิเธียม และของมีคม) ทาให้พนักงานต้องเสียเวลาอธิบายและตรวจสอบสัมภาระซ้า ส่งผลให้เกิดความล่าช้า อย่างไรก็ตาม ภายหลังการติดตั้งป้าย ผู้โดยสารสามารถรับรู้และเตรียมสัมภาระได้ถูกต้องมากขึ้น ช่วยลดขั้นตอนการอธิบายและท าให้กระบวนการเช็คอินรวดเร็วขึ้น ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเช็คอินจ าแนกตามช่วงเวลาก่อนการใช้งานป้ายสื่อสาร

ช่วงเวลา	จำนวนรอบ/ช่วงเวลา	ผู้โดยสารรวม (คน)	เวลารวม (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที/คน)
9.00-10.00 น.	10	86	133.78	1.56
10.01-11.30 น.	15	159	286.60	1.80
11.31-13.00 น.	9	102	194.26	1.90
รวม	**34**	**347**	**614.64**	**1.77**

ภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบ พบว่าผู้โดยสารสามารถรับรู้และเข้าใจข้อมูลส าคัญได้ก่อนเข้าสู่กระบวนการเช็คอิน เนื่องจากป้ายมีการใช้ภาษาญี่ปุ่นร่วมกับภาพประกอบและสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่าย ส่งผลให้ผู้โดยสารสามารถเตรียมสัมภาระได้ถูกต้องมากขึ้น ลดขั้นตอนการอธิบายข้อมูลและการแก้ไขสัมภาระระหว่างการให้บริการ ทาให้กระบวนการเช็คอินมีความรวดเร็วและคล่องตัวมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเช็คอินจ าแนกตมช่วงเวลาหลังการใช้งานป้ายสื่อสาร

ช่วงเวลา	จำนวนรอบ/ช่วงเวลา	ผู้โดยสารรวม (คน)	เวลารวม (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที/คน)
9.00-10.00 น.	6	40	43.55	1.09
10.01-11.30 น.	9	85	78.83	0.93
11.31-13.00 น.	5	27	24.04	0.89
รวม	**20**	**152**	**146.42**	**0.96**

เมื่อนาข้อมูลระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินทั้งหมดมาทดสอบสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยสถิติทดสอบ t-test ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการเช็คอินก่อนและหลังการใช้งานป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น

ช่วงการเก็บข้อมูล	N (รอบการสังเกต)	Mean (นาที)	S.D.	Welch's t	df	Sig. (p-value)
ก่อนการใช้งานป้าย	34 คน	1.77	0.62	6.743	47.47	<.001***
หลังการใช้งานป้าย	20 คน	0.96	0.25			

หมายเหตุ: ค่า N หมายถึงจำนวนรอบการสังเกต (Observation Rounds) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ (Unit of Analysis) โดยผู้โดยสารรวมจำนวน 499 คน ถูกใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการให้บริการต่อผู้โดยสารของแต่ละรอบการสังเกต ก่อนนำค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบมาเปรียบเทียบระหว่างช่วงก่อนและหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้วยสถิติ Welch's independent samples t-test ผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยลดลง 0.81 นาทีต่อผู้โดยสาร หรือคิดเป็น ร้อยละ 45.77 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (Welch's t = 6.743, df = 47.47, p < .001) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's d = 1.57)

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินต่อผู้โดยสารของแต่ละรอบการสังเกต ระยะเวลาเฉลี่ยภายหลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น (Mean = 0.96, S.D. = 0.25) ลดลงจากก่อนการติดตั้งป้ายสื่อสาร (Mean = 1.77, S.D. = 0.62) คิดเป็นระยะเวลาที่ลดลงเฉลี่ย 0.81 นาทีต่อผู้โดยสาร โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยส าคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (t = 6.808, p < .001, Cohen's d = 1.57) แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นส่งผลให้ระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินลดลงอย่างมีนัยส าคัญและมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กล่าวคือ การติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบมีส่วนช่วยลดระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน และเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของสายการบินได้อย่างมีนัยส าคัญทางสถิติ

4.2 ผลการเปรียบเทียบอัตราการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านสัมภาระ

ก่อนติดตั้งป้ายสื่อสาร ผู้โดยสารบางส่วนยังปฏิบัติผิดข้อกาหนด (เช่น นาพาวเวอร์แบงก์ โหลดใต้ท้องเครื่อง) แต่ภายหลังการใช้ป้ายสื่อสาร พบว่าผู้โดยสารสามารถเตรียมสัมภาระได้ถูกต้องมากขึ้น เมื่อนาข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบและทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติไคสแควร์ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระในกลุ่มตัวอย่างทดสอบพฤติกรรม

ผลการปฏิบัติตามข้อกำหนด	ก่อนใช้ป้าย (n=50)	หลังใช้ป้าย (n=50)	χ^2	Sig.(p-value)
ปฏิบัติถูกต้อง	33 (ร้อยละ 66)	45 (ร้อยละ 90)	8.392	.004**
ปฏิบัติไม่ถูกต้อง	17 (ร้อยละ 34)	5 (ร้อยละ 10)		
รวม	50 (ร้อยละ 100)	50 (ร้อยละ 100)		

*** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยข้อมูลวิเคราะห์จากการสุ่มตัวอย่างเพื่อสังเกตพฤติกรรม แบ่งเป็นกลุ่มก่อนและหลังใช้ป้าย กลุ่มละ 50 คน*

จากตารางที่ 4 พบว่า อัตราการปฏิบัติตามข้อกาหนดด้านสัมภาระได้ถูกต้อง ภายหลังติดตั้งป้ายสื่อสารเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 66.00 (33 คน) เป็นร้อยละ 90.00 (45 คน) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการทดสอบพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ χ^2 = 8.392, p = .004, และมีขนาดอิทธิพลในระดับต่าถึงปานกลาง ($\emptyset$ = 0.29) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขนาดอิทธิพล (Effect Size) ในระดับที่น่าพอใจ

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์สถิติสนับสนุนและ ยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ซึ่งยืนยันเชิงประจักษ์ได้ว่า ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นช่วยเพิ่มความเข้าใจ ท าให้ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นสามารถปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระของสายการบินได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจของผู้โดยสารต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบ

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นจ านวน 50 คน ภายหลังการใช้งานป้ายสื่อสาร เพื่อประเมินระดับความเข้าใจและความคิดเห็น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับความเข้าใจของผู้โดยสารต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น (n = 50)

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ป้ายช่วยให้เข้าใจข้อก าหนดด้านสัมภาระมากขึ้น	3.87	.975	มาก
2. ป้ายช่วยให้เข้าใจสิ่งของต้องห้ามในสัมภาระ	3.45	.970	มาก
3. ป้ายช่วยให้เข้าใจข้อก าหนดเกี่ยวกับพาวเวอร์แบงก์	3.43	.892	มาก
4. ข้อความภาษาญี่ปุ่นบนป้ายมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	3.59	.970	มาก

5. ภาพประกอบและสัญลักษณ์ช่วยให้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น	3.39	.991	ปานกลาง
6. ป้ายช่วยลดความสับสนก่อนเข้าสู่กระบวนการเช็คอิน	3.37	.961	ปานกลาง
7. ป้ายช่วยให้สามารถเตรียมสัมภาระได้ถูกต้องก่อนเข้ารับบริการเช็คอิน	3.88	.910	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.57**	**.953**	**มาก**

จากตารางที่ 5 พบว่า ผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นมีระดับความคิดเห็นต่อป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบโดยรวมอยู่ในระดับมาก (Mean = 3.57, SD = 0.95) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ป้ายช่วยให้เตรียมสัมภาระได้ถูกต้องก่อนเข้ารับบริการ (Mean = 3.88) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการปฏิบัติถูกต้องที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ป้ายช่วยลดความสับสนก่อนเข้าสู่กระบวนการเช็คอิน (Mean = 3.37) แม้จะอยู่ในระดับปานกลาง แต่ก็ยังสะท้อนถึงการสนับสนุนการรับรู้ในระดับที่น่าพอใจ

สรุปผลการประเมิน ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นได้รับการประเมินในระดับมาก ยืนยันได้ว่าสื่อดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้าใจ และสนับสนุนให้ผู้โดยสารเตรียมสัมภาระได้อย่างถูกต้องก่อนเข้ารับบริการเช็คอินอย่างแท้จริง

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นด้านสัมภาระและกฎระเบียบ สรุปได้ดังนี้ 1)ระยะเวลาในการให้บริการเช็คอิน หลังการติดตั้งป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่น ลดลงจากเฉลี่ย 1.77 นาทีต่อคน เหลือ 0.96 นาทีต่อคน (ลดลงร้อยละ 45.77) แสดงให้เห็นว่าป้ายสื่อสารช่วยเพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการให้บริการเช็คอินได้อย่างแท้จริง 2)อัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระได้ถูกต้องของผู้โดยสารชาวญี่ปุ่นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 66.00 เป็นร้อยละ 90.00 แสดงให้เห็นว่าป้ายสื่อสารช่วยให้ผู้โดยสารเข้าใจและสามารถปฏิบัติตามข้อกาหนดของสายการบินได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น และ 3)ระดับความเข้าใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Mean = 3.57, S.D. = 0.95) โดยผู้โดยสารเห็นพ้องมากที่สุดว่าป้ายช่วยให้เตรียมสัมภาระได้ถูกต้องก่อนเข้ารับบริการ (Mean = 3.88) ผลลัพธ์ทั้ง 3 ด้านยืนยันว่าป้ายสื่อสารช่วยยกระดับประสิทธิภาพความรวดเร็วในการให้บริการเช็คอินได้อย่างแท้จริง

อภิปรายผลการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า ป้ายสื่อสารภาษาญี่ปุ่นช่วยลดระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินจาก 1.77 เหลือ 0.96 นาทีต่อคน (ลดลงร้อยละ 45.77) อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ซึ่งสอดคล้องและเป็นการยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ประเด็นนี้อธิบายได้ว่า การสื่อสารข้อมูลที่เหมาะสมและตรงกับภาษาของกลุ่มเป้าหมาย ช่วยลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการได้อย่าง

ชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดการสื่อสารของ ธนัชชา ชิดชม (2564) และ สุรพงษ์ โสธนะเสถียร (2563) ที่ระบุว่าการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจข้อมูลได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ในด้านอัตราการปฏิบัติตามข้อก าหนดด้านสัมภาระ พบว่าถูกต้องเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 66.00 เป็นร้อยละ 90.00 อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องและเป็นการยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 สะท้อนให้เห็นว่าการใช้ภาษาญี่ปุ่นร่วมกับภาพและสีสันที่เป็นสากล ช่วยให้ผู้โดยสารเข้าใจข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดสัญญะวิทยาของ กาญจนา แก้วเทพ (2541) และงานวิจัยด้านประสาทวิทยาของ Potter et al. (2014) ตลอดจน Healey & Enns (2012) ที่อธิบายว่าสีและสัญลักษณ์ถูกประมวลผลด้วยระบบการมองเห็นแบบทันที ท าให้ปฏิบัติตามข้อก าหนดได้ถูกต้องโดยไม่ต้องเสียเวลาอ่านข้อความยาว ๆ

นอกจากนี้ ผู้โดยสารมีความคิดเห็นต่อป้ายสื่อสารในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Mean = 3.57) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดจิตวิทยาการรับรู้ของ Goldstein (2014) และ Mayer (2001) และสนับสนุนทฤษฎีภาระทางการรับรู้ (Cognitive Load Theory) ของ Sweller (1994) ที่ระบุว่าสื่อที่กระชับจะช่วยลดภาระการประมวลผลของสมอง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาข้อที่มีค่าเฉลี่ยประเมินต่าที่สุดคือ ป้ายช่วยลดความสับสนก่อนเข้าสู่กระบวนการเช็คอิน (Mean = 3.37, ระดับปานกลาง) ประเด็นนี้อธิบายได้จากสภาพแวดล้อมที่วุ่นวาย ณ ท่าอากาศยาน และตาแหน่งการติดตั้งป้ายในระยะทดลองที่อาจยังไม่โดดเด่นเพียงพอที่จะดึงดูดความสนใจจากระยะไกล ซึ่งจุดนี้สอดรับและเป็นที่มาของข้อเสนอแนะในการวิจัยที่ระบุว่า ควรปรับเปลี่ยนตาแหน่งติดตั้งป้ายให้อยู่ในจุดที่เห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ ก่อน เข้าคิว (Queue Line) เพื่อให้ผู้โดยสารมีเวลาเพียงพอในการรับรู้ข้อมูลและเตรียมสัมภาระล่วงหน้า อันจะช่วยลดความสับสนได้อย่างสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

สรุปข้อค้นพบ การวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์ที่ค านึงถึงภาษา บริบท และข้อจ ากัดด้านเวลา สามารถช่วยลดอุปสรรคการสื่อสารระหว่างพนักงานและผู้โดยสารชาวต่างชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้ภาษาแม่ร่วมกับภาพประกอบที่เข้าใจง่าย จึงเป็นแนวทางเชิงประจักษ์ที่สามารถน าไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อหลายภาษาในสนามบินและธุรกิจบริการ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการด าเนินงานอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การใช้งานและต าแหน่งติดตั้ง ควรน าป้ายสื่อสารไปใช้ ณ จุดให้บริการอย่างต่อเนื่อง โดยติดตั้งในตาแหน่งที่เห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ ก่อนเข้าคิว เพื่อให้ผู้โดยสารมีเวลาเตรียมสัมภาระล่วงหน้า และช่วยลดคอขวดหน้าเคาน์เตอร์

2. การปรับปรุงและขยายผล ควรปรับปรุงรายการสิ่งของต้องห้ามให้ทันสถานการณ์ เช่น บุหรี่ไฟฟ้า

และขยายผลสู่สื่อหลายภาษา เช่น จีน หรือเกาหลี โดยคงหลักการออกแบบที่กระชับและใช้สัญลักษณ์สากลเพื่อลดอุปสรรคด้านภาษา

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การขยายขอบเขตพื้นที่และกลุ่มตัวอย่าง ควรศึกษาผู้โดยสารสัญชาติอื่นและขยายพื้นที่ไปท่าอากาศยานแห่งอื่น เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ในบริบทความหนาแน่นและพฤติกรรมที่แตกต่าง

2. การศึกษาตัวแปรและสื่อรูปแบบใหม่ ควรศึกษาปัจจัยแวดล้อมอื่นที่ส่งผลร่วม เช่น ความพึงพอใจหรือการวิเคราะห์ด้านการออกแบบเพื่อการสื่อสาร ที่มีต่อภาระทางสมอง ตลอดจนวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสื่อดิจิทัล หรือแอปพลิเคชัน เพื่อหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในยุคดิจิทัล

ข้อจำกัดการวิจัย (Limitations of the Study)

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่ควรคำนึงถึงในการนำผลไปประยุกต์ใช้ ดังนี้

ข้อจำกัดด้านพื้นที่และบริบท งานวิจัยศึกษาเฉพาะสายการบินต้นทุนต่ำ ณ ท่าอากาศยานเชียงใหม่ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมต่างจากสายการบินเต็มรูปแบบ (Full-Service) จึงอาจไม่สามารถอ้างอิงผลลัพธ์ (Generalization) ไปยังทุกบริบทการให้บริการได้โดยตรง

ข้อจำกัดด้านกลุ่มตัวอย่าง การศึกษาเจาะจงเฉพาะผู้โดยสารชาวญี่ปุ่น ผลลัพธ์จึงอาจแตกต่างออกไปหากนำไปประยุกต์ใช้กับผู้โดยสารสัญชาติอื่นที่มีความคุ้นเคยทางภาษาหรือวัฒนธรรมที่ต่างกัน

ข้อจำกัดด้านระยะเวลา การเก็บข้อมูลถูกควบคุมเฉพาะช่วงเวลา 09.00–13.00 น. ผลลัพธ์อาจผันแปรได้หากประเมินในระยะเวลาอื่น (เช่น เที่ยวบินดึก) ที่ผู้โดยสารอาจมีสภาวะความเหนื่อยล้าซึ่งส่งผลต่อภาระทางการรับรู้ ที่แตกต่างออกไป

ข้อจำกัดด้านตัวแปรแทรกซ้อน แม้ผู้วิจัยจะควบคุมสภาพแวดล้อมโดยจำกัดช่วงเวลาเก็บข้อมูลให้อยู่ระหว่าง 09.00–13.00 น. เพื่อลดความผันแปรของข้อมูลแล้วก็ตาม แต่ด้วยลักษณะของการวิจัยกึ่งทดลองหน้างานจริง (Field Study) ระยะเวลาในการให้บริการเช็คอินอาจยังได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งหมด เช่น ความชำนาญของพนักงานที่อาจเพิ่มขึ้นตามประสบการณ์ (Learning Effect) หรือปริมาณความหนาแน่นของผู้โดยสารในแต่ละวันที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อความเร็วในการให้บริการได้

6. เอกสารอ้างอิง

กาญจนา แก้วเทพ. (2541). สื่อ สัญญะ และความหมาย. กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนัชชา ชิดชม. (2564). การสื่อสารเพื่อการพัฒนา. กรุงเทพฯ: ส านักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพงษ์ โสธนะเสถียร. (2563). ทฤษฎีการสื่อสาร. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Aaker, D. A., & Norris, D. (1982). Characteristics of TV commercials perceived as informative. *Journal of Advertising Research, 22*(2), 61–70.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Goldstein, E. B. (2014). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience* (4th ed.). Cengage Learning.

Healey, C. G., & Enns, J. T. (2012). Attention and visual memory in visualization and computer graphics. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 18(7), 1170–1188. https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.127

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.

Ministry of Tourism and Sports. (2025). Japanese ambassador pays a courtesy call on the Minister of Tourism and Sports and discusses Thailand–Japan tourism cooperation. https://www.mots.go.th/news/1002256

Potter, M. C., Wyble, B., Hagmann, C. E., & McCourt, E. S. (2014). Detecting meaning in RSVP at 13 ms per picture. Attention, Perception, & Psychophysics, 76(2), 270–279. https://doi.org/10.3758/s13414-013-0605-z

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction, 4*(4), 295–312.

Wood, J. T. (2004). Communication in our lives (2nd ed.). Wadsworth.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การศึกษาผลของการใช้บอร์ดเกม เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาการบัญชีต้นทุน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

น้ำฝน สืบอ่อน [1*] *สรินยา สุภัทรานนท์*[2]

[1] สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

[2] สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

*phonfirst@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลของการใช้บอร์ดเกม เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิตประกอบการเรียนการสอนรายวิชาการบัญชีต้นทุน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้บอร์ดเกมและการสอนแบบบรรยาย เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก (2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจโดยใช้บอร์ดเกม กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย และกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้บอร์ดเกมบิงโก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้บอร์ดเกมบิงโกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Mean = 14.20, SD = 1.32) สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย (Mean = 9.20, SD = 1.55) อย่างชัดเจน โดยมีค่าผลต่างของคะแนนเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม (10.10 เทียบกับ 5.00) นอกจากนี้ นักศึกษากลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบอร์ดเกมในระดับมาก (Mean = 4.51, SD = 0.53)

คำสำคัญ บอร์ดเกม, องค์ประกอบต้นทุนการผลิต

A Study of the Effects of Using a Board Game on the Topic of Production Cost Components for Teaching and Learning in a Cost Accounting Course for Undergraduate Students in the Accounting Program, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak.

Namfon suebon [1*] *Sarinya supatranont* [2]

[1] สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

[2] สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 ถ.พหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

*phonfirst@gmail.com

Abstract

This study investigated the effects of using a bingo board game on the topic of cost components in production as an instructional tool in Cost Accounting for undergraduate students majoring in Accounting, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Tak. The objectives of this research were (1) to compare the learning achievement of students who were taught using a board game and those who were taught through traditional lecture-based instruction on the topic of cost components in production, and (2) to examine students' satisfaction with the use of the board game in learning.

The sample was divided into two groups: a control group, which received traditional lecture-based instruction, and an experimental group, which was taught using a bingo board game. The research instruments included a learning achievement test and a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean and standard deviation.

The results revealed that students in the experimental group who learned through the bingo board game achieved higher post-test scores (Mean = 14.20, SD = 1.32) than those in the control group who learned through lecture-based instruction (Mean = 9.20, SD = 1.55). In addition, the experimental group demonstrated a greater increase in learning gain scores (10.10 compared to 5.00). Furthermore, students in the experimental group reported a high level of satisfaction with the board game-based learning approach (Mean = 4.51, SD = 0.53).

Keywords: Board Game, Elements of Manufacturing Cost

1. บทนำ

การจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง โดยการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนจากการเรียนการสอนแบบเน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลาง (Teacher-Centered Learning) ไปสู่การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-Centered Learning) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งนี้ แนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน เนื่องจากช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วม การคิดวิเคราะห์ และการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ยั่งยืน

รายวิชาการบัญชีต้นทุน (Cost Accounting) เป็นรายวิชาพื้นฐานสำคัญของหลักสูตรบัญชี เนื่องจากเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ต้นทุน การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์ การวางแผนและการควบคุมต้นทุน ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่นักบัญชีและผู้บริหารธุรกิจจำเป็นต้องมี อย่างไรก็ตาม เนื้อหาวิชาการบัญชีต้นทุนมีลักษณะเป็นนามธรรม ประกอบด้วยหลักการและวิธีการคำนวณที่ซับซ้อน โดยเฉพาะเรื่อง “องค์ประกอบต้นทุนการผลิต” ซึ่งประกอบด้วย วัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายการผลิต นักศึกษามักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจ การจำแนกประเภทต้นทุน และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่าย ขาดแรงจูงใจในการเรียน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าที่คาดหวัง

จากการศึกษางานวิจัยด้านการจัดการเรียนรู้ พบว่า การนำเกมมาใช้ในการเรียนการสอน (Game-Based Learning) เป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วม และพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้บอร์ดเกม (Board Game) ซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การแข่งขัน การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสนุกสนานและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เชิงทฤษฎีกับสถานการณ์จำลองได้อย่างเป็นรูปธรรม งานวิจัยของ Abdul Razak, Kasim และ Daud (2019) พบว่า การใช้เกมด้านการบัญชีต้นทุนช่วยเพิ่มความสนใจ แรงจูงใจ และทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Seow และ Wong (2022) พบว่าการใช้เกมในการสอนเรื่องต้นทุนช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในหัวข้อการบัญชีต้นทุนเพิ่มขึ้นและมีประสบการณ์การเรียนรู้เชิงบวก นอกจากนี้ Selamat และ Ngalim (2022) ยังพบว่าการใช้บอร์ดเกมในการเรียนการบัญชีพื้นฐานช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางบัญชีและจดจำเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและลดความวิตกกังวลต่อการเรียนวิชาบัญชีได้อีกด้วย

สำหรับการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรบัญชีของคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ พบว่านักศึกษาระดับปริญญาตรีส่วนหนึ่งยังมีปัญหาในการทำความเข้าใจเรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะการจำแนกประเภทต้นทุนและการประยุกต์ใช้ความรู้ในการคำนวณต้นทุน ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนในรายวิชาการบัญชีต้นทุน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บอร์ดเกม เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิต เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาให้สูงขึ้น

ผลการวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนทางบัญชีในระดับอุดมศึกษา ตลอดจนเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้บอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในรายวิชาที่มีเนื้อหาซับซ้อน และสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในสาขาวิชาบัญชีและศาสตร์อื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้บอร์ดเกมและการสอนแบบบรรยาย เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้บอร์ดเกม

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเรียนรู้โดยใช้เกมแบบจำลองสถานการณ์

เกม (Game) คือ กิจกรรมการแข่งขันอย่างสร้างสรรค์ ที่มีความสนุกสนานผสมผสานไปพร้อมกับสาระสำคัญที่สอดแทรกอยู่ภายในเกม ผ่านกฎระบบระเบียบ และข้อจำกัดต่าง ๆ ทำให้ผู้เล่นสามารถดึงเอาทักษะ และศักยภาพบางอย่างออกมาใช้ในการเล่นได้อย่างเต็มที่ ในขณะที่สถานการณ์จำลอง (Simulation)เปรียบเหมือนสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือการสร้างบทบาทสมมติ เพื่อทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในชีวิตจริง โดยพยายามเลียนแบบสภาพแวดล้อม หรือระบบต่าง ๆ ให้เหมือนจริงมากที่สุด (Gibson, et al., 2007) แม้ว่าความหมายของเกม และสถานการณ์จำลองนั้นจะแตกต่างกัน แต่สามารถกล่าวได้ว่า ลักษณะโดยทั่วไปนั้น ค่อนข้างที่จะเหมือนกัน Prensky (2003) ได้กล่าวไว้ว่า สถานการณ์จำลองนั้น สามารถสร้างให้เป็นเรื่องราวและกลายเป็นเกมได้ และยังสามารถกลายเป็นของเล่นได้อีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ผู้สร้างต้องการที่จะนำเสนอ จากงานวิจัยของ Masahiro (2007) ได้สร้างเกมกระดาน “Sue-hirogari Sugoroku” เพื่อใช้ในการสอนวิชาสถิติ เรื่องการแจกแจงแบบทวินาม สำหรับนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 ห้อง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในตัวเกม และสามารถเข้าใจเนื้อหาเรื่องการแจกแจงแบบทวินามได้ดีขึ้น Lehtonen and Haho (2003) ได้นำเกมแบบจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการสอนวิชา ProductionManagement พบว่า การใช้เกมแบบจำลองนี้ ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้น เนื่องมาจากความท้าทายในการแก้ปัญหาที่ไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นระหว่างเล่นเกมนี้ จากที่กล่าวข้างต้นช่วยสนับสนับสนุนแนวคิดที่ว่า เกมแบบจำลองสถานการณ์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสนุกไปพร้อมกับการจดจำ และการเรียนรู้ในเรื่องต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น และนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้และความเข้าใจในการเรียน ซึ่งคำนวณได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาต้นทุน เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต

ความพึงพอใจของนักศึกษา

ความพึงพอใจ (Satisfaction) หมายถึง ภาวะทางอารมณ์ หรือความรู้สึกร่วมที่เกิดขึ้นต่อสิ่งเร้า ส่งผลต่ออารมณ์ภายในของแต่ละบุคคล น าไปสู่การโต้ตอบและตอบสนองออกมา ทั้งแบบที่จับต้องได้ และจับต้องไม่ได้ หากเมื่อได้รับการตอบสนองที่สามารถเติมเต็มความต้องการหรือความคาดหวังของผู้รับได้ จะก่อให้เกิดความสุข ความสมหวัง ขวัญและกำลังใจ ก่อให้เกิดประสิทธิภาพ ประสิทธิผล อันนำไปสู่ความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ หากกล่าวถึงความพึงพอใจที่มีต่อการประเมินค่า อาจกล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือค่าเชิงตัวเลขที่สูงขึ้น ดังแนวคิดของ Maslow (1987) ที่กล่าวถึงลำดับขั้นความต้องการ ที่ประกอบไปด้วย ความต้องการทางด้านร่างกาย ความมั่นคงและความปลอดภัย ด้านสังคม การเคารพนับถือ และความสมบูรณ์ในชีวิต เมื่อใดก็ตามที่ความต้องการในขั้นแรกได้รับการเติมเต็มแล้ว จะก่อให้เกิดความต้องการหรือเป้าหมายต่อไป และจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อได้บรรลุตามลำดับขั้นที่ได้คาดหวังไว้เรียบร้อยแล้ว

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รายวิชาการบัญชีต้นทุนเป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาชีพบังคับ รหัส BACAC123 ประกอบด้วยทฤษฎี 2 คาบเรียนและปฏิบัติ 2 คาบเรียน จัดการศึกษาตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรีพุทธศักราช 2558 และมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการบัญชี พ.ศ.2562 ของสำนักงานคณะกรรมการ อุดมศึกษามคอ.2 หลักสูตรบัญชีบัณฑิต (หลักสูตร พุทธศักราช 2565) คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

“องค์ประกอบของต้นทุน” (Elements of Manufacturing Cost) เป็นหัวใจสำคัญของการบัญชีต้นทุนเพราะช่วยให้นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ต้นทุนที่แท้จริงของกิจการ และคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง โดยองค์ประกอบต้นทุนการผลิตประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ วัตถุดิบทางตรง (Direct Materials) ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor) และ ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead)

1. วัตถุดิบทางตรง (Direct Materials)

วัตถุดิบทางตรง หมายถึง วัตถุดิบหรือวัสดุที่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และสามารถวัดมูลค่าหรือปริมาณที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละหน่วยได้โดยตรง เช่น ไม้ที่ใช้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ เหล็กที่ใช้ผลิตรถยนต์ หรือผ้าที่ใช้ในการตัดเย็บเสื้อผ้า (Horngren et al., 2021)

2. ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor

ค่าแรงงานทางตรง หมายถึง ค่าจ้าง เงินเดือน และผลประโยชน์ตอบแทนที่จ่ายให้แก่พนักงานหรือคนงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าโดยตรง และสามารถระบุต้นทุนดังกล่าวเข้ากับผลิตภัณฑ์แต่ละ

ชนิดได้อย่างชัดเจน เช่น ค่าจ้างพนักงานประกอบชิ้นส่วน พนักงานตัดเย็บเสื้อผ้า หรือพนักงานที่ปฏิบัติงานบนสายการผลิต (Garrison et al., 2021)

3. ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead)

ค่าใช้จ่ายการผลิต หมายถึง ต้นทุนการผลิตทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต นอกเหนือจากวัตถุดิบทางตรงและค่าแรงงานทางตรง ซึ่งไม่สามารถระบุเข้ากับผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยได้โดยตรง หรือไม่คุ้มค่าในการติดตามต้นทุน เช่น วัตถุดิบทางอ้อม ค่าแรงงานทางอ้อม ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าไฟฟ้าโรงงาน ค่าซ่อมบำรุง และค่าเช่าโรงงาน (Blocher et al., 2022)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kunpol (2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เกมเป็นฐาน จากผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นกว่าเกณฑ์ร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญ และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ปรียาภา วังมณี (2566) การพัฒนาเกมกระดานอาชีพของฉันเพื่อยกระดับศักยภาพทางภาษาอังกฤษเพื่ออาชีพ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ค่า t-test มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ P< 0.05 และนักศึกษามีระดับความเห็นด้วย เท่ากับ 3.94 (S.D. 0.18) เห็นด้วยมากต่อ การใช้เกมกระดานอาชีพของฉันในการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษ จึงสรุปได้ว่าเกมกระดานอาชีพ ของฉันสามารถยกระดับศักยภาพทางภาษาอังกฤษเพื่ออาชีพ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษา

งานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยในห้องทดลอง (Laboratory experiment) ที่ได้กำหนดผู้ทดลองไว้แล้ว (Quasi experiment) และใช้การวัดผลแบบ 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการทดสอบ (One-group pretestposttest design)

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มควบคุม คือ นักศึกษาสาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ชั้นปีที่ 2 กลุ่มที่ 1 จำนวนทั้งหมด 10 คน โดยจะทำการสอนเรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยาย

กลุ่มทดลอง คือ นักศึกษาสาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ชั้นปีที่ 2 กลุ่มที่ 1 จำนวนทั้งหมด 10 คน โดยจะทำการสอนเรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต โดยใช้บอดเกมบิงโก เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิตเป็นสื่อในการสอน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บอร์ดเกมบิงโก เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต (Board Game)

2. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินความรู้เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวนทั้งหมด 20 ข้อ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

3. แบบทดสอบความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีต่อการสอนโดยใช้ “บอร์ดเกมบิงโก เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต” เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จำนวน 5 ระดับ สำหรับวัดความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อคำถาม 12 ข้อ

3.3 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

1. ใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistic) ด้วยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ของคะแนนแบบทดสอบก่อนและหลังเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย

3.4 การดำเนินงานวิจัย

แบ่งนักศึกษาเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 นักศึกษากลุ่มควบคุม ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการสอนโดยวิธีการบรรยายจำนวน 3 ชั่วโมง และเมื่อสิ้นสุดการบรรยาย มอบหมายงานให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เมื่อนักศึกษาทำแบบฝึกหัดเสร็จผู้สอนจะทำการเฉลยแบบฝึกหัด พร้อมสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียนในครั้งนี้ สุดท้ายให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนอีกครั้ง เป็นเวลา 30 นาที

กลุ่ม 2 นักศึกษากลุ่มทดลอง ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้น แบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อทำการเล่นเกมแบบจำลองสถานการณ์ เกมบิงโก เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต โดยกำหนดให้ 1 คนในกลุ่มเป็นผู้นำเกม อีก 4 คนที่เหลือเป็นผู้เล่น ผู้สอนจะทำการชี้แจงสาระสำคัญของเกม ข้อกำหนด กฎกติกาการเล่น ดังนี้

เกม Bingo เป็นรูปแบบเกมที่มีวัตถุประสงค์ให้นักศึกษาได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ องค์ประกอบต้นทุนการผลิต โดยมีวิธีการเล่น ดังนี้ 1. แจกแผ่นเกมให้ผู้เล่นคนละแผ่นพร้อมแจกตัววาง 2. ผู้นำเกมให้ผู้เล่นสุ่มเลือกคำใบ้และผู้นำอ่านคำใบ้นั้นให้กับผู้เล่นทุกคนฟัง 1-2 รอบให้ผู้เล่นช่วยกันวิเคราะห์คำใบ้ดังกล่าวว่าเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต้นทุนการผลิตใดเมื่อได้คำก็ไปดูบนแผ่นเกมถ้ามีคำดังกล่าวก็วางตัววางบนแผ่นเกม 3. เล่นต่อไปเรื่อยๆจนมีคนที่มีตัววางเรียงต่อกันตามกติกาที่กำหนดและตะโกนบอกว่า บิงโก จะเป็นผู้ชนะเกม และเมื่อสิ้นสุดการเล่นบอร์ดเกม มอบหมายงานให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เมื่อนักศึกษาทำแบบฝึกหัดเสร็จผู้สอนจะทำการเฉลยแบบฝึกหัด พร้อมสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียนในครั้งนี้ สุดท้ายให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนอีกครั้ง เป็นเวลา 30 นาที พร้อมตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียน

ตัวอย่างบอร์ดเกม



ภาพที่ 1 บอร์ดเกม เกมบิงโก เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้บอร์ดเกมและการสอนแบบบรรยาย เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้บอร์ดเกมและการสอนแบบบรรยาย เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการบัญชี

วิธีการสอน	จำนวนผู้เรียน	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ผลต่างการเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียน	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม สอนแบบบรรยาย	10	4.20	1.32	9.20	1.55	5.00	0.23
กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง สอนโดยใช้บอดเกมบิงโก เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิต	10	4.10	1.45	14.20	1.32	10.10	0.13

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลเปรียบเทียบของผลต่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาของทั้งสองกลุ่มให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่างกัน และนักศึกษากลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองมีแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่าเฉลี่ยมากกว่าการสอนแบบบรรยายมีค่าเท่ากับ 10.10

4.2. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้บอร์ดเกมการเรียนรู้เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิต สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการทดลองใช้บอร์ดเกมการเรียนรู้เรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตซึ่งได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปรผล ความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มทดลองเมื่อใช้บอร์ดเกม

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	Mean	SD	แปรผล
1. ความยากง่ายของเนื้อหาเหมาะสมกับนักศึกษา	4.33	0.49	พอใจมาก
2. ภาษา รูปแบบ ตรงกับความสนใจของนักศึกษา	4.27	0.59	พอใจมาก
3. นักศึกษามีส่วนร่วมในกิจกรรมร่วมกัน	4.69	0.51	พอใจมาก
4. การปฏิบัติกิจกรรมมีลำดับขั้นตอนที่สะดวกและเข้าใจง่าย	4.50	0.55	พอใจมาก
5. การปฏิบัติกิจกรรมช่วยให้เข้าใจบทเรียนเรื่องรายการปรับปรุงได้ดีขึ้น	4.60	0.51	พอใจมาก
6. รู้สึกสนุกในการเรียน มีความสนใจมากขึ้น	4.47	0.52	พอใจมาก
7. ทำให้กล้าแสดงออก กล้าตัดสินใจมากขึ้น	4.42	0.59	พอใจมาก
8. บอร์ดเกมช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตมากขึ้น	4.60	0.51	พอใจมาก
9. สามารถค้นคว้าหาคำตอบเรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตได้ด้วยตนเอง	4.28	0.59	พอใจมาก
10. ตัวแบบของเกมกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	4.73	0.59	พอใจมาก
11. สอดคล้องครอบคลุมเนื้อหาที่เรียน	4.53	0.52	พอใจมาก
12. สามารถสื่อความเข้าใจในเนื้อหาเรื่ององค์ประกอบต้นทุนการผลิตมากขึ้น	4.80	0.41	พอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.51	0.53	พอใจมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และ 0.53 ตามลำดับ ซึ่งมีเกณฑ์อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความพึงพอใจมากกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บอร์ดเกมบิงโก เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิตมากกว่าการเรียนแบบบรรยายซึ่งมีแต่เนื้อหาไม่มีสื่อการสอนดังกล่าว

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยเรื่องการศึกษาผลของการใช้บอร์ดเกม เรื่อง องค์ประกอบต้นทุนการผลิต ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาการบัญชีต้นทุน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักศึกษา ดังนี้

1. อภิปรายผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนการสอน นักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้บอร์ดเกมบิงโกมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (Mean = 14.20, SD = 1.32) สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย (Mean = 9.20, SD = 1.55) และมีค่าผลต่างของคะแนนเพิ่มขึ้นมากกว่าชัดเจน (10.10 เทียบกับ 5.00)

ผลดังกล่าวสะท้อนว่า การเรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมมีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยาย อาจอธิบายได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมเป็นรูปแบบของการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ตลอดเวลา ทั้งการคิด วิเคราะห์ ตัดสินใจ และการตอบสนองต่อสถานการณ์ในเกม ทำให้ผู้เรียนไม่ได้เป็นเพียงผู้รับสาร แต่เป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพรัตน์ สิทธิวงศ์ (2564) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่ใช้บอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนิสิตมีความพึงพอใจต่อการใช้บอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.42) อีกทั้ง การเรียนรู้ผ่านเกมยังช่วยกระตุ้นแรงจูงใจภายใน (intrinsic motivation) ของผู้เรียน เนื่องจากมีความสนุก ท้าทาย และมีเป้าหมายในการแข่งขันหรือทำภารกิจให้สำเร็จ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning Theory) ของ Kolb (1984) ที่เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและสะท้อนคิดจากประสบการณ์ตรง อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นแรงจูงใจภายใน (intrinsic motivation) ของผู้เรียน (Deci & Ryan, 2000)

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า บอร์ดเกมบิงโกเป็นสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาบัญชีต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ

2. อภิปรายผลด้านความพึงพอใจของนักศึกษา

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษากลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบอร์ดเกมในระดับมาก (Mean = 4.51, SD = 0.53) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูง ได้แก่ การสื่อความเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น (Mean = 4.80) ตัวแบบเกมกระตุ้นความสนใจ (Mean = 4.73) และการมีส่วนร่วมของนักศึกษา (Mean = 4.69)

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ด้วยบอร์ดเกม เนื่องจากบอร์ดเกมสามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ผ่อนคลาย สนุกสนาน และลดความตึงเครียดจากการเรียนเนื้อหาที่มีความซับซ้อนทางบัญชีได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ บอร์ดเกมยังส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การทำงานร่วมกัน และการสื่อสารในชั้นเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) ที่ระบุว่าการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในกระบวนการเรียนรู้ อีกทั้งผลคะแนนความพึงพอใจในระดับสูงยังสะท้อนว่า บอร์ดเกมสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในยุคปัจจุบันที่ต้องการรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย ไม่จำเจ และเน้นการมีส่วนร่วมมากกว่าการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว

ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า บอร์ดเกมไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่านั้น แต่ยังส่งผลเชิงบวกต่อเจตคติและความพึงพอใจของผู้เรียน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ในระยะยาว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาการบัญชีชั้นปีที่ 2 คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่เข้าร่วมกิจกรรมการวิจัยและทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

ทิพรัตน์ สิทธิวงศ์. (2564). การศึกษาผลของการใช้บอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 23(4), 187–200.

ปรียาภา วังมณี. (2566). การพัฒนาเกมกระดานอาชีพของฉันเพื่อยกระดับศักยภาพทางภาษาอังกฤษเพื่ออาชีพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์, 13(1), 1–14.

Abdul Razak, R., Kasim, E. S., & Daud, D. (2019). Smart costing kit: Game based learning for cost and management accounting. ESTEEM Academic Journal, 15, 1–10.

Blocher, E. J., Stout, D. E., Juras, P. E., & Smith, S. D. (2022). Cost management: A strategic emphasis (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Garrison, R. H., Noreen, E. W., & Brewer, P. C. (2021). Managerial accounting (17th ed.). McGraw-Hill Education.

Gibson, D., Aldrich, C., & Prensky, M. (2007). Games and simulations in online learning: Research and development frameworks. Information Science Publishing.

Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2021). Cost accounting: A managerial emphasis (17th ed.). Pearson.

Kunpol, S. (2023). Game based learning to development of achievement in mathematics learning of Mathayomsuksa 1 students. MBU Education Journal, Faculty of Education Mahamakut Buddhist University, 11(2), 247–259.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall.

Lehtonen, J. M., & Haho, T. L. P. (2003). Experimental learning through a simulation game in teaching of production management. In International Workshop of the IFIP WG 5.7: Experimental Interactive Learning in Industrial Management (pp. 63–74). Center for Industrial Production, University of Aalborg.

Masahiro, N. (2007). Teaching materials using board game and classifying table for helping understand binomial distribution. International Statistical Institute, 56th Session.

Maslow, A. H. (1987). Motivation and personality (3rd ed.). Harper & Row.

Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. Computers in Entertainment, 1(1), 21. https://doi.org/10.1145/950566.950596

Seow, P. S., & Wong, S. P. (2022). Using an online bidding game to teach costing in management accounting. International Journal of Education, 14(4), 119–136. https://doi.org/10.5296/ije.v14i4.20406

Selamat, A. I., & Ngalim, S. M. (2022). Putra Salamanis board game: The game of bookkeeping for fundamental financial accounting learning. Accounting Education, 31(5), 596–615. https://doi.org/10.1080/09639284.2021.2015408

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำสำหรับการฆ่าเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือก กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

วนัสสุดา คำพุฒ[1,*], พานิช อินต๊ะ[1], ตรียากานต์ พรมคำ[2], กฤษฎ์ ลาชโรจน์[3]
[1]หน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[2]สาขาพัฒนาสังคม คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[3]บริษัท เฟบิกซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณในรูปแบบกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผู้ให้ข้อมูลคนสำคัญจำนวน 1 ราย ซึ่งเป็นตัวแทนเกษตรกรต้นแบบและเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่ ซึ่งมีพื้นที่ในการเพาะปลูกมะขามขนาด 40 ไร่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างสำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึก และนำข้อมูลมารวบรวมเพื่อวิเคราะห์ด้วยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการสูญเสียจากเชื้อราได้ถึงร้อยละ 99 โดยที่ยังรักษาคุณภาพด้านสีและเนื้อสัมผัสเดิม ส่งผลให้อัตราการสูญเสียของผลผลิตลดลงจากร้อยละ 20 เหลือร้อยละ 1 และจากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุน พบว่า กลุ่มจะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1 ปี 11 เดือน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 8,510,487บาท และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนอยู่ที่ร้อยละ 56.06 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนอยู่ที่ 1.59 ซึ่งผ่านเกณฑ์ความคุ้มค่าทุกตัวชี้วัด และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวภายใต้สถานการณ์ความเสี่ยงที่ปริมาณผลผลิตลดลงร้อยละ 10 หรือราคาขายลดลงร้อยละ 5 พบว่า โครงการยังคงรักษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผ่านทุกตัวชี้วัด ผลการศึกษานี้ยืนยันว่า การลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ มีความมั่นคงทางการเงิน ทนทานต่อความผันผวนของตลาด และให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

คำสำคัญ: ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์, การลงทุน, เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ, เทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ, มะขามหวานแกะเปลือก

Abstract

The objectives of this research were to assess the economic feasibility of investing in radio frequency technology integrated with low-temperature plasma technology, and to conduct a sensitivity analysis of the investment under various scenarios. This study employed a quantitative research approach utilizing a case study design with purposive sampling. The key informant was one representative model farmer and member of the Khi Nak Phaen Mai Agricultural Housewives Community Enterprise, which operates a 40-rai tamarind plantation in Lom Kao District, Phetchabun Province. Data were collected through in-depth interviews using a structured interview form and were analyzed using Cost-Benefit Analysis and Sensitivity Analysis. The results indicated that integrating radio frequency with low-temperature plasma technology could reduce fungal spoilage by up to 99% and preserving the original color and texture, thereby reducing the crop spoilage rate from 20% to 1%. The economic feasibility assessment revealed that the investment would yield a Payback Period (PP) of 1 year and 11 months, a Net Present Value (NPV) of 8,510,487 THB, an Internal Rate of Return (IRR) of 56.06 %, and a Benefit-Cost Ratio (BCR) of 1.59, thereby passing all economic feasibility criteria. Furthermore, the sensitivity analysis under risk scenarios involving a 10% decrease in production volume or a 5% decrease in selling price showed that the project maintained its economic viability across all indicators. These findings confirm that the investment in radio frequency integrated with low-temperature plasma technology offers financial stability, robustness against market volatility, and a highly worthwhile return on investment.

Keywords: Economic Feasibility, Investment, Radio Frequency Technology, Low-Temperature Plasma Technology, Peeled Sweet Tamarind

1. บทนำ

มะขามหวานจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับจังหวัดเพชรบูรณ์ และเป็นสินค้าที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications: GI) จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา ตั้งแต่วันที่ 30 กันยายน 2548 จากข้อมูลสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี 2563/2564 จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมะขามหวานมากที่สุดในประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกมะขามหวานทั้งหมด 109,849 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 105,485 ไร่ คิดเป็นผลผลิตรวมทั้งหมด 52,215 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 495 กิโลกรัม ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 74.68 บาท คิดเป็นมูลค่า 3,899 ล้านบาท แต่ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา จากข้อมูลสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี 2567/68 พบว่า พื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยวมะขามหวานกลับลดลงเหลือ 90,872 ไร่ และ 54,858 ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตรวมลดลงเหลือ 37,171 ตัน แม้ว่าผลผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่จะเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 678 กิโลกรัม และราคาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 89 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 3,312 ล้านบาทก็ตาม สาเหตุหนึ่งมาจากปัญหาเชื้อรา ซึ่งเกิดจากสภาพภูมิอากาศและความชื้นสูงโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่ตรงกับระยะออกดอกของมะขามหวาน ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ดีและเข้าทำลายฝักมะขามตั้งแต่ต้นฤดู ส่งผลให้คุณภาพของมะขามหวานลดลงและราคาตลาดผันผวน

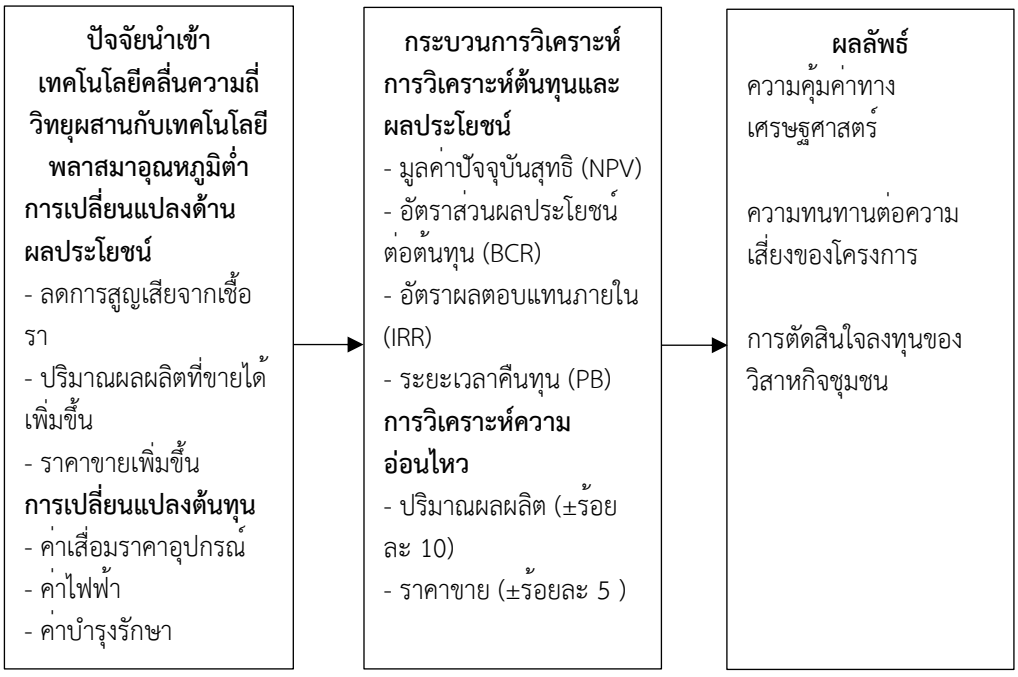
ปัญหาเชื้อราในฝักมะขามหวานส่งผลให้ความนิยมในการซื้อมะขามหวานของผู้บริโภคลดลง เนื่องจากขาดความมั่นใจในความปลอดภัย ประกอบกับการบริโภคอาหารที่มีเชื้อราปนเปื้อนอาจทำให้ได้รับสารพิษโดยเฉพาะอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ซึ่งส่งผลเสียต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายทั้งในคนและสัตว์ (ณัฏฐีวรรณ ปุนวัน และคณะ, 2531) อีกทั้งยังกระทบโดยตรงต่อรายได้และความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร ที่ผ่านมามีหลายรายงานวิจัยที่ศึกษาแนวทางการลดการเกิดเชื้อราในฝักมะขามภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การผึ่งแดด การนึ่ง การอบในเตาไมโครเวฟ การรมกำมะถัน หรือการฉายรังสี (ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ และวชิรา พริ้งศุลกะ, 2542) แต่วิธีการเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดสำคัญ คือ แม้จะยับยั้งเชื้อราไม่ให้ลุกลามได้ แต่ยังหลงเหลือร่องรอยของโครงสร้างเชื้อรา การใช้ความร้อนสูง และสารเคมีที่ทำลายคุณค่าทางโภชนาการ ตลอดจนความสิ้นเปลืองด้านเวลาและพลังงาน ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency: RF) ผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ (Cold Plasma) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อนสูง (Non-thermal) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารเคมีตกค้าง มีต้นทุนการบริหารจัดการต่ำกว่าการแปรรูปด้วยความดันสูง (High Pressure Processing: HPP) และมีประสิทธิภาพการทะลุทะลวงที่สม่ำเสมอกว่าการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Heating) โดยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ RF 4 นาที 2 ครั้ง ร่วมกับพลาสมา 5 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อรา *Rhizopus* spp. ได้ถึง 4.07 log CFU/g หรือร้อยละ 99 โดยยังคงรักษาคุณภาพด้านสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และเนื้อสัมผัส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชยธร หมอนทอง และคณะ (2561) ที่พบว่าเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุสามารถยับยั้งเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับ Misra et al. (2014) และ Lotfy et al. (2022) ที่ยืนยันว่าพลาสมาอุณหภูมิต่ำสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งเชื้อรา Aspergillus niger ในผลไม้ได้โดยไม่ทำให้ความหวานและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงการบูรณาการเทคโนโลยีนี้จึงเป็นนวัตกรรมที่สามารถตอบโจทย์ทั้งด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อและยกระดับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มะขามหวานไปพร้อมกัน

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ด้วยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้เกษตรกรและผู้ประกอบการทราบถึงต้นทุนและผลตอบแทนที่แท้จริง รวมทั้งความคุ้มค่าของการนำเทคโนโลยีใหม่มาช่วยแก้ไขปัญหาเชื้อราในมะขาม

หวาน เนื่องจากการลงทุนในเทคโนโลยีเป็นการตัดสินใจที่ต้องใช้เงินทุนสูงและต้องใช้ระยะเวลาในการคืนทุน การวิเคราะห์และประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์จึงเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ เพื่อให้การตัดสินใจลงทุนมีความรัดกุมและครอบคลุมถึงการบริหารความเสี่ยง คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวภายใต้สถานการณ์ที่มีความผันผวนเข้ามาร่วมประเมินด้วย จากเหตุผลความจำเป็นดังกล่าว จึงนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ และเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้กำหนดกรอบแนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ และการประเมินคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การวิจัยเริ่มต้นจากการกำหนดให้การนำเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือกเป็นปัจจัยนำเข้า (Input) จากนั้นจึงนำข้อมูลต้นทุนการดำเนินงานและผลประโยชน์ที่เปลี่ยนแปลงไปมาประเมินผ่านกระบวนการการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) โดยพิจารณาจากตัวชี้วัด 4 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เพื่อทดสอบความทนทานของโครงการต่อความผันผวนของปริมาณผลผลิต (±ร้อยละ 10) และราคาขาย (±ร้อยละ 5) กระบวนการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้นำไปสู่ผลลัพธ์ คือ ผลประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความทนทานต่อความเสี่ยงของโครงการลงทุน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจลงทุนของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขึ้นาคแผนใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 1



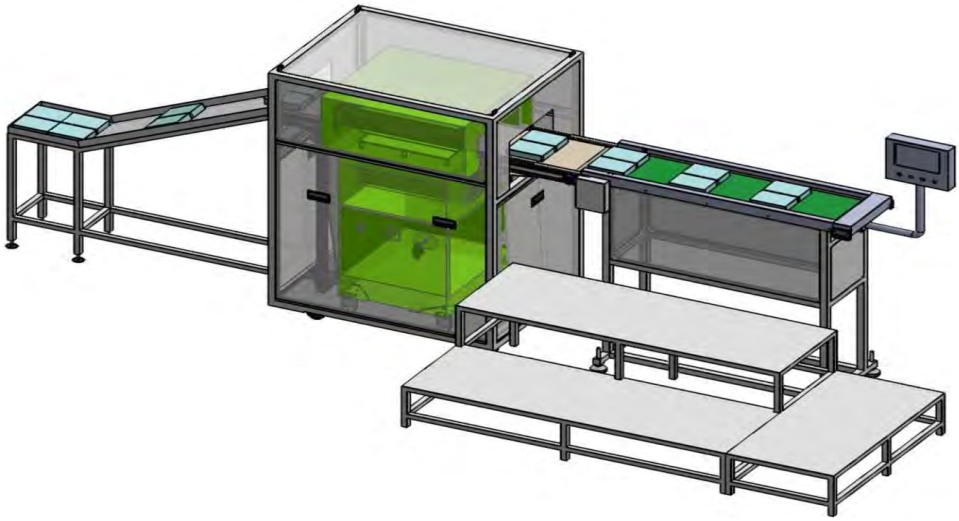
รูปที่ 1 กรอบแนวคิด

คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดอัตราคิดลดร้อยละ 10 โดยกำหนดจากอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ (Minimum Acceptable Rate of Return: MARR) ซึ่งคำนวณจากต้นทุนค่าเสียโอกาสของเงินทุน กล่าวคือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายย่อยชั้นดี (MRR) ของธนาคารพาณิชย์ไทยที่ประมาณร้อยละ 6.5–7 บวกด้วยส่วนชดเชยความเสี่ยง (Risk Premium) ประมาณร้อยละ 3–3.5 เนื่องจากเป็นการลงทุนในเทคโนโลยีต้นแบบที่ยังไม่มีการใช้งานเชิงพาณิชย์ และดำเนินการในภาคเกษตรที่มีความผันผวนของผลผลิตตามสภาพภูมิอากาศ การกำหนดอัตราคิดลดในระดับนี้จึงเป็นการประเมินแบบระมัดระวัง (Conservative) สำหรับอายุโครงการกำหนดไว้ที่ 10 ปี ตามอายุการใช้งานเชิงเศรษฐกิจของเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับการคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง โดยกำหนดมูลค่าซากเท่ากับศูนย์ และอัตราเงินเฟ้อร้อยละ 2 ตามค่ากลางของกรอบเป้าหมายอัตราเงินเฟ้อทั่วไประยะปานกลางที่ร้อยละ 1–3 ซึ่งเป็นข้อตกลงร่วมระหว่างคณะกรรมการนโยบายการเงินกับรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลัง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วย เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 2 เครื่องต้นแบบเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ
ที่มา: รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยการพัฒนาระบบการฆ่าเชื้อราในมะขามหวานโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าทางการตลาด

รูปที่ 2 แสดงแผนภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบ โดยเครื่องจะเป็นแบบสายพาน มะขามจะถูกบรรจุในแพคเกจ เช่น กล่องหรือถาดพลาสติก แล้วเข้าสู่เครื่องโดยจะผ่านระบบพลาสมาอุณภูมิต่ำ

(Cold Plasma) ก่อนเข้าสู่ระบบคลื่นความถี่วิทยุ (RF Heating) ต่อไป ซึ่งการเสริมระบบพลาสมาจะช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อราโดยพลาสมาจะถูกจำกัดภายในผลิตภัณฑ์และจะสลายตัวกลับเป็นก๊าซปกติ เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน โดยไม่มีสารเคมีตกค้าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ใช้กรณีศึกษาเดียว คือ ตัวแทนเกษตรกรต้นแบบจำนวน 1 ราย ซึ่งเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้ซึ่งเป็นเจ้าของสวนมะขามขนาด 40 ไร่ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย การเลือกกรณีศึกษาใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ (1) เป็นเกษตรกรผู้เพาะปลูกมะขาม (2) ประสบปัญหาเชื้อราในมะขาม และ (3) มีความพร้อมในการนำเทคโนโลยีไปทดสอบใช้งาน ทั้งนี้การใช้กรณีศึกษาเดียวเป็นข้อจำกัดของการวิจัย ผลการประเมินจึงควรใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นและควรขยายไปยังผู้ผลิตรายอื่นๆ และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอื่น ๆ ในการศึกษาระยะต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ใช้สำหรับสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรเจ้าของสวนมะขาม โดยแบ่งแบบสัมภาษณ์ออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลที่เกี่ยวกับต้นทุนการผลิต ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับรายได้ ปริมาณการผลิต ราคาขาย และส่วนที่ 4 ปัญหาและอุปสรรคในการทำสวนมะขามหวาน โดยแบบสัมภาษณ์ได้มีการตรวจสอบความเที่ยงตรงจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้ข้อมูล 2 ประเภท ได้แก่

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับตัวแทนเกษตรกรต้นแบบจำนวน 1 ราย ผู้ซึ่งเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่ เกี่ยวกับต้นทุนการผลิต ปริมาณผลผลิต อัตราการสูญเสียจากเชื้อรา และราคาขายทั้งก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยี จากนั้นดำเนินการรวบรวมข้อมูล และนำมาประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากหนังสือ ตำราวิชาการ วิทยานิพนธ์ บทความ รายงานการวิจัย เอกสารทางวิชาการต่าง ๆ ทั้งของหน่วยงานราชการและเอกชนที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลจากฐานข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลที่เกี่ยวกับต้นทุนและผลประโยชน์ จะนำมาทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนในเทคโนโลยีเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) คำนวณจาก

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

โดยที่ B_t คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t คือ ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

r คือ อัตราคิดลด

n คือ อายุของโครงการ

- อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) คำนวณจาก

$$BCR = \sum_{t=0}^{n} \left(\frac{\frac{B_t}{(1+r)^t}}{\frac{C_t}{(1+r)^t}} \right) \quad (2)$$

- อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) คำนวณจาก

$$\sum_{t=0}^{n} \left(\frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} \right) = 0 \quad (3)$$

- ระยะเวลาคืนทุน (PB) คำนวณจาก

$$PB = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (4)$$

2. วิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อทดสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงราคาขายในช่วงร้อยละ 5 และปริมาณผลผลิตในช่วงร้อยละ 10 เพื่อประเมินความทนทานของโครงการต่อความไม่แน่นอนของสภาพตลาด ทั้งนี้ได้กำหนดอัตราคิดลด หรือ อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ (Minimum Acceptable Rate of Return: MARR) ที่ร้อยละ 10 ต่อปี ซึ่งสะท้อนต้นทุนค่าเสียโอกาสของเงินทุนรวมกับส่วนชดเชยความเสี่ยงของการลงทุนแบบประเมินล่วงหน้าของเครื่องต้นแบบ

4. ผลการวิจัย

ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำในผลิตภัณฑ์มะขามแกะเปลือก ได้แก่ มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภู ซึ่งเป็นมะขามหวานพันธุ์เดียวที่ถูกนำมาแกะเปลือกเพื่อแปรรูป และการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลกรณีศึกษาจากตัวแทนเกษตรกรต้นแบบผู้ซึ่งเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ เจ้าของสวนมะขาม ขนาด 40 ไร่ การวิเคราะห์นี้กำหนดเงินลงทุนเริ่มต้น 2,000,000 บาท และดำเนินการในรูปราคาปัจจุบัน (Nominal Term) โดยปรับราคาขายและต้นทุนดำเนินงานส่วนเพิ่มด้วยอัตราเงินเฟ้อร้อยละ 2 ต่อปี อัตราคิดลด (MARR) ในรูปตัวเงินร้อยละ 10 ต่อปี และอายุโครงการ 10 ปี โดยทั้งนี้ปริมาณผลผลิตกำหนดให้คงที่ตลอดอายุโครงการ เนื่องจากเป็นปริมาณเชิงกายภาพที่ไม่แปรผันตามระดับราคา คณะผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ก่อนและหลังการนำเทคโนโลยีมาใช้ แสดงดังตารางที่ 1 เพื่อประเมินผลตอบแทนที่แท้จริงของการลงทุน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ

รายการ	ก่อนใช้เทคโนโลยี	หลังใช้เทคโนโลยี	ผลต่าง	หมายเหตุ
ต้นทุนการผลิต (บาท/ปี)				
ค่าปุ๋ย	48,000	48,000	-	ค่าปุ๋ยและค่ายาฆ่าแมลงรวมกัน
ค่ายาฆ่าแมลง				
ค่าแรงงาน	904,400	904,400	-	

ค่าไฟฟ้า = น้ำ	144,000	145,846	1,846	
ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์	4,000	14,000	10,000	
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์	-	200,000	200,000	
ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว	400,000	400,000	-	
ค่าใช้จ่ายในกรแกะมะขาม	480,000	480,000	-	
ต้นทุนการดำเนินงาน (บาท/ปี)				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	200	200	-	
ค่าขนส่ง	1,000	1,000	-	
ต้นทุนรวม	1,981,600	2,193,446	211,846	
ผลประโยชน์ (บาท/ปี)				
ผลผลิตมะขามแกะ (กก/ปี)	4,923	6,092	1,169	
ราคาเฉลี่ย (บาท/กก)	500	525	25	
รายได้ (บาท/ปี)	2,461,500	3,198,300	736,800	
อัตราการสูญเสียจากเชื้อรา (%)	20	1	-19	
กำไรสุทธิ (บาท/ปี)	479,900	1,004,854	524,954	

ที่มา: จากการสัมภาษณ์ เก็บรวบรวมข้อมูล และการประเมินของผู้วิจัย

หมายเหตุ: การประเมินกำหนดให้อัตราการสูญเสียจากเชื้อราลดลงจากร้อยละ 20 เหลือร้อยละ 1 โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่พบว่าเทคโนโลยีสามารถลดปริมาณเชื้อรา Rhizopus spp. ได้ 4.07 log CFU/g หรือร้อยละ 99

จากนั้นได้นำข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำมาทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุน

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.เงินลงทุนเริ่มต้น	(2,000,000)										
2.รายได้รวม		3,198,300	3,330,704	3,467,433	3,608,028	3,752,555	3,901,660	4,062,304	4,227,396	4,397,624	4,572,468
3.ต้นทุนรวม		2,193,446	2,233,315	2,273,981	2,315,461	2,357,771	2,400,926	2,444,949	2,489,848	2,535,646	2,582,359
4.กำไรสุทธิหลังหักภาษี 20%		803,883	877,911	954,762	1,034,054	1,115,827	1,200,587	1,293,884	1,390,038	1,489,582	1,592,087
5.กระแสเงินสดสุทธิ	(2,000,000)	1,003,883	1,077,911	1,154,762	1,234,054	1,315,827	1,400,587	1,493,884	1,590,038	1,689,582	1,792,087
6.อัตราคิดลด (Discount Factor) (r = 10%)	1	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855
7.มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	22,946,454	2,907,575	2,752,494	2,605,082	2,464,283	2,329,961	2,202,487	2,084,774	1,972,080	1,865,032	1,762,686
8.มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC)	14,435,967	1,994,062	1,845,612	1,708,442	1,581,460	1,463,940	1,355,323	1,254,748	1,161,514	1,075,367	995,499
9.มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่ 10%	8,510,487										
10.อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.59										
11.อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	56.06										
12.ระยะเวลาคืนทุน (อัตราคิดลด 10%)	1ปี 11 เดือน										

ที่มา: จากการคำนวณของคณะผู้วิจัย
หมายเหตุ: การวิเคราะห์ในบทความนี้พิจารณาเฉพาะผลประโยชน์และต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปอันเป็นผลจากการลงทุนในเทคโนโลยี เปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีและไม่มีโครงการ (With-Without Comparison) ตามหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงลึกเพิ่มเติมจากรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำ

ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์	ค่าการคำนวณ
เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)	2,000,000
อายุโครงการ (ปี)	10
อัตราคิดลด (MARR %)	10
อัตราเงินเฟ้อ (%)	2
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (บาท) (PVB)	22,946,454
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (บาท) (PVC)	14,435,967
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท) (NPV)	8,510,487
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)	1.59
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	56.06
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	1 ปี 11 เดือน

ที่มา: จากการคำนวณของคณะผู้วิจัย

ผลการวิเคราะห์แสดงว่า การลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงมาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อยู่ที่ 8,510,487 บาท หมายความว่า หลังหักต้นทุนทั้งหมด และปรับมูลค่าตามเวลาแล้ว ผู้ลงทุนยังได้กำไรส่วนเกิน 8.51 ล้านบาท ตลอดอายุโครงการ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) อยู่ที่ 1.59 หมายความว่า ทุก ๆ 1 บาทที่ลงทุน จะได้รับคืน 1.59 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) อยู่ที่ร้อยละ 56.06 สูงกว่าอัตราคิดลดร้อยละ 10 อย่างมาก แสดงว่า โครงการสามารถรองรับต้นทุนเงินทุนที่สูงขึ้นมาก และระยะเวลาคืนทุนเพียง 1 ปี 11 เดือน ถือว่าสั้นมากสำหรับการลงทุนในเทคโนโลยีที่นำมาใช้ฆ่าเชื้อราในมะขามหวาน ตัวชี้วัดทั้งสี่ประการจึงผ่านเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนครบถ้วน กล่าวคือ NPV มากกว่าศูนย์ BCR มากกว่า 1 IRR สูงกว่าอัตราคิดลด และระยะเวลาคืนทุนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ยืนยันว่าการลงทุนในเทคโนโลยีนี้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเป็นการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรสำคัญเพียงตัวเดียวต่อความคุ้มค่าของโครงการ โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ การศึกษานี้เลือกพิจารณาปริมาณผลผลิตและราคาขายเป็นตัวแปรหลัก เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีความผันผวนสูงที่สุดในการผลิตมะขามหวานอันเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และการระบาดของเชื้อราในแต่ละฤดูกาล ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตที่จำหน่ายได้ การทดสอบกำหนดให้ปริมาณผลผลิตเปลี่ยนแปลงในช่วงบวกและ

ลบร้อยละ 10 และราคาขายเปลี่ยนแปลงในช่วงบวกและลบร้อยละ 5 จากกรณีปริมาณการผลิตคงที่และราคาขายคงที่ (Base Case) เพื่อจำลองสถานการณ์ที่ดีที่สุด (Best Case) และแย่ที่สุด (Worst Case) ที่อาจเกิดขึ้นจริง ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้านปริมาณผลผลิตและราคาขายแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว เมื่อปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ 10 และราคาขายเพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ 5

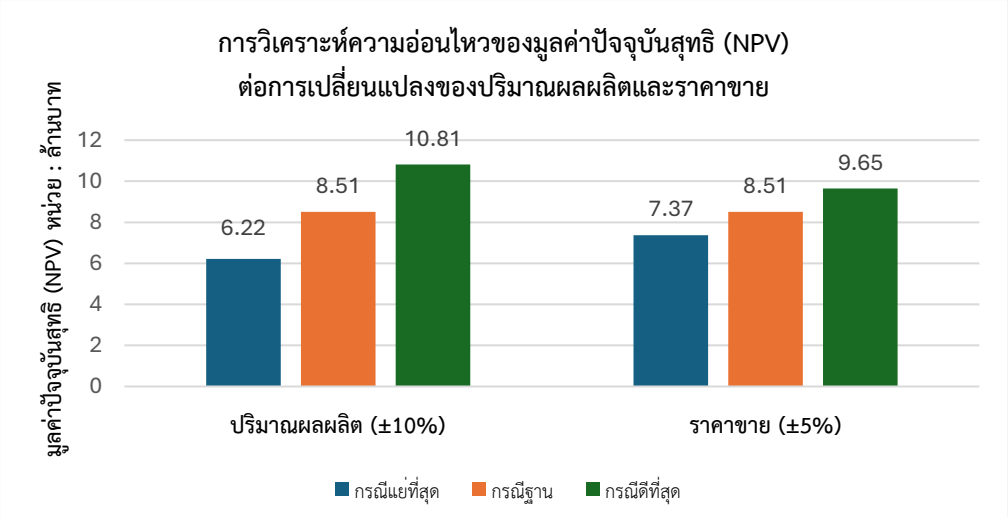
สถานการณ์	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (บาท)	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)	อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) (%)	ระยะเวลาคืนทุน (PB)
กรณีฐาน (Base Case)	8,510,487	1.59	56.06	1 ปี 11 เดือน
กรณีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 10	10,805,300	1.75	68.83	1 ปี 7 เดือน
กรณีปริมาณผลผลิตลดลงร้อยละ 10	6,216,032	1.43	43.08	2 ปี 6 เดือน
กรณีราคาขายเพิ่มขึ้นร้อยละ 5	9,654,625	1.67	62.44	1 ปี 9 เดือน
กรณีราคาขายลดลงร้อยละ 5	7,366,352	1.51	49.63	2 ปี 2 เดือน

ที่มา: จากการคำนวณของคณะผู้วิจัย

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทั้งด้านปริมาณผลผลิตและราคาขายแสดงให้เห็นว่า โครงการมีความทนทานต่อความผันผวนของทั้งสองปัจจัย โดยแม้ในกรณีแย่ที่สุดที่ปริมาณผลผลิตลดลงร้อยละ 10 ตัวชี้วัดทุกตัวยังผ่านเกณฑ์ความคุ้มค่า กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ยังคงเป็นบวกที่ 6,216,032 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) ยังมากกว่า 1 (1.43) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ยังสูงกว่าอัตราคิดลดอย่างมาก (ร้อยละ 43.08 เทียบกับร้อยละ 10) เช่นเดียวกับกรณีราคาขายลดลงร้อยละ 5 ที่โครงการยังคงให้ NPV เท่ากับ 7,366,352 บาท BCR เท่ากับ 1.51 และ IRR เท่ากับร้อยละ 49.63 เมื่อพิจารณาขนาดความอ่อนไหวของทั้งสองปัจจัยโดยเทียบต่อการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนที่เท่ากัน พบว่าปริมาณผลผลิตและราคาขายส่งผลต่อ NPV ในระดับที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงทั้งสองปัจจัยทุกร้อยละ 1 ทำให้ NPV เปลี่ยนแปลงประมาณ 0.23 ล้านบาทเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากรายได้ของโครงการเป็นผลคูณระหว่างปริมาณผลผลิตและราคาขาย ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อทั้งสองตัวแปร การที่ช่วงการแกว่งตัวของ NPV จากปริมาณผลผลิตปรากฏกว้างกว่าจึงเป็นผลจากการกำหนดช่วงทดสอบที่กว้างกว่า (ร้อยละ 10 เทียบกับราคาขายที่ร้อยละ 5) มิใช่เพราะปริมาณผลผลิตมีความอ่อนไหวมากกว่าโดยเนื้อแท้ อย่างไรก็ตาม ด้วยฐานความคุ้มค่าที่สูงในกรณีฐาน โครงการยังคงรักษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ไว้ได้ในทุกสถานการณ์ จึงยืนยันว่าการลงทุนในเทคโนโลยีนี้มีเสถียรภาพและความทนทานเพียงพอต่อความผันผวนของทั้งปริมาณผลผลิตและราคาขาย ทั้งนี้ ผลการประเมินดังกล่าวเป็นการ

คาดการณ์บนพื้นฐานของเครื่องต้นแบบและกรณีศึกษาเดียว จึงควรตีความเป็นแนวโน้มเบื้องต้นเพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุน

เพื่อให้เห็นภาพรวม ทางคณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดหลักในการตัดสินใจลงทุน ดังแสดงในรูปที่ 3 เปรียบเทียบกรณีฐาน (Base Case) กรณีแย่ที่สุด (Worst Case) และกรณีดีที่สุด (Best Case) ของแต่ละปัจจัย



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตและราคาขาย

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นชัดเจนว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวกและสูงกว่าศูนย์ในทุกสถานการณ์ โดยอยู่ในช่วง 6.22–10.81 ล้านบาท เทียบกับกรณีฐานที่ 8.51 ล้านบาท ซึ่งยืนยันความทนทานของโครงการต่อความผันผวนของปริมาณผลผลิตและราคาขายตามที่วิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 4

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนในเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำสำหรับการฆ่าเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือก โดยใช้กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขึ้นาคแผนใหม่ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จากปัญหาสำคัญของเกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานที่ประสบปัญหาเชื้อราทำลายผลผลิตจากความชื้น ส่งผลให้คุณภาพและราคาตกต่ำ ตลอดจนสร้างความกังวลด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยสามารถลดอัตราการสูญเสียจากเชื้อราได้ถึงร้อยละ 20 เหลือร้อยละ 1 ขณะที่ยังคงคุณภาพด้านสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และเนื้อสัมผัส เมื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (CBA) พบว่า การลงทุนในเทคโนโลยีดังกล่าว มีความคุ้มค่าผ่านเกณฑ์ทุกตัวชี้วัด โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อยู่ที่ 8,510,487 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวก อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.59 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 56.06 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดที่ 10% และมีระยะเวลาคืนทุน (PB) ภายใน 1 ปี 11 เดือน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวยืนยันว่า แม้ปริมาณ

ผลผลิตลดลงร้อยละ 10 หรือราคาขายลดลงร้อยละ 5 โครงการยังคงผ่านเกณฑ์ความคุ้มค่าทุกตัวชี้วัด สอดคล้องกับหลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (รวี ลงกานี, 2563; เฉลิมขวัญ ครุธบุญยงค์, 2564) ที่ระบุว่าโครงการซึ่งให้ผลตอบแทนสุทธิเป็นบวกสะท้อนการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อการลงทุน ผลการศึกษาจึงยืนยันว่า การลงทุนในเทคโนโลยีให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน แม้ในสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน

การอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการนำเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำมาใช้ในการฆ่าเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือก พบว่า โครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในทุกตัวชี้วัด โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 8,510,487 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.59 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 56.06 และระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 11 เดือน ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษานี้ดำเนินการบนพื้นฐานของเครื่องต้นแบบ (Prototype) ผลการประเมินจึงเป็นการคาดการณ์ภายใต้สมมติฐานการขยายผลสู่ระดับวิสาหกิจชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าที่นิยมใช้ประเมินความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีที่ยังไม่ถูกนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ และผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thomas et al. (2026) และ Ordaz et al. (2026) ที่ใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นตัวชี้วัดหลักในการประเมินความเป็นไปได้ทางการเงินกับเทคโนโลยีที่ยังไม่ได้นำไปใช้เชิงพาณิชย์จริงเช่นเดียวกัน โดยพบว่าความคุ้มค่าของการลงทุนสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณการผลิตและความสามารถในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ จึงเป็นการสนับสนุนว่าเทคโนโลยีที่อาศัยคลื่นความถี่วิทยุและพลาสมามีศักยภาพทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ในการเป็นทางเลือกทดแทนการควบคุมเชื้อราด้วยสารเคมีแบบดั้งเดิมในมะขามหวานแกะเปลือก

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตในช่วง ±ร้อยละ 10 และราคาขายในช่วง ±ร้อยละ 5 พบว่าตัวชี้วัดทุกตัวยังคงเป็นไปตามหลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน แม้ในกรณีที่ราคาขายลดลงร้อยละ 5 โครงการยังคงให้ NPV เท่ากับ 7,366,352 บาท BCR เท่ากับ 1.51 และ IRR เท่ากับร้อยละ 49.63 ซึ่งสูงกว่าอัตราคิดลดอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความทนทานต่อความผันผวนทั้งด้านปริมาณผลผลิตและราคาขาย เมื่อพิจารณาขนาดความอ่อนไหวของทั้งสองปัจจัยโดยเทียบต่อการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนที่เท่ากัน พบว่าปริมาณผลผลิตและราคาขายส่งผลต่อ NPV ในระดับที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงทั้งสองปัจจัยทุกร้อยละ 1 ทำให้ NPV เปลี่ยนแปลงประมาณ 0.23 ล้านบาทเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากรายได้ของโครงการเป็นผลคูณระหว่างปริมาณผลผลิตและราคาขาย ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อทั้งสองตัวแปร การที่ช่วงการแกว่งตัวของ NPV จากปริมาณผลผลิตปรากฏกว้างกว่าจึงเป็นผลจากการกำหนดช่วงทดสอบที่กว้างกว่า มิใช่เพราะปริมาณผลผลิตมีความอ่อนไหวมากกว่าโดยเนื้อแท้ สะท้อนว่าโครงการมีความอ่อนไหวต่อ "รายได้" เป็นสำคัญ ไม่ว่าจะมาจากฝั่งปริมาณผลผลิตหรือราคาขาย การเลือกใช้ช่วงการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละตัวแปรมิได้เป็นการกำหนดโดยพลการ หากแต่สะท้อนความผันผวนตามธรรมชาติของแต่ละปัจจัย กล่าวคือ ราคาขายมะขามหวานแกะมีความผันผวนในระยะสั้นน้อยกว่าปริมาณผลผลิตที่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและการระบาดของเชื้อราเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับระเบียบวิธีของ Thomas et al. (2026) ที่กำหนดช่วงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแตกต่างกันตามลักษณะของตัวแปร โดยใช้การเปลี่ยนแปลงต้นทุนดำเนินงาน ±ร้อยละ 5 ปริมาณความจุดำเนินงาน ±ร้อยละ 25 และอัตราคิดลด ±2 จุดเปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับ Ordaz et al. (2026) ที่วิเคราะห์ความอ่อนไหวของราคาขาย ปริมาณการผลิต และต้นทุนวัตถุดิบ ซึ่งพบว่าปริมาณการผลิตและราคาตลาดเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อเสถียรภาพทางการเงินของโครงการมากที่สุด

ผลการศึกษาทั้งสองงานจึงสนับสนุนข้อค้นพบของการศึกษานี้ว่า การกำหนดช่วงความอ่อนไหวให้สอดคล้องกับความผันผวนเฉพาะของแต่ละปัจจัยเป็นแนวปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับในงานวิจัยระดับสากล และช่วยเสริมความน่าเชื่อถือของการประเมินเชิงคาดการณ์บนเครื่องต้นแบบ อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินในการศึกษานี้ตั้งอยู่บนกรณีศึกษาเดียวและเครื่องต้นแบบ จึงควรตีความเป็นแนวโน้มเบื้องต้น และควรมีการประเมินซ้ำเมื่อนำเทคโนโลยีไปใช้ในการผลิตจริงเพื่อยืนยันผลในสภาพการดำเนินงานจริง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. วิสาหกิจชุมชนและเกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานสามารถใช้ผลการประเมินความคุ้มค่าและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนี้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุน รวมถึงใช้ประกอบการขอสินเชื่อหรือการสนับสนุนจากแหล่งทุน เนื่องจากผลการวิเคราะห์แสดงถึงเสถียรภาพทางการเงินที่ชัดเจน

2. เนื่องจากการลงทุนในเทคโนโลยีนี้ใช้เงินทุนเริ่มต้นค่อนข้างสูง หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานเกษตรจังหวัดและหน่วยส่งเสริมสินค้า GI ควรพิจารณาส่งเสริมรูปแบบการลงทุนร่วมหรือการใช้เครื่องร่วมกันในระดับกลุ่ม เพื่อกระจายภาระต้นทุนและเพิ่มความคุ้มค่าต่อหน่วย

3. ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวชี้ว่าปริมาณผลผลิตเป็นปัจจัยที่โครงการมีความอ่อนไหวมากที่สุด ดังนั้นกลุ่มจึงควรให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการผลผลิตให้สม่ำเสมอ ควบคู่กับเสถียรภาพด้านราคาขาย การจัดการความเสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศ และการระบาดของเชื้อรา เพื่อยกระดับคุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษานี้เป็นการประเมินบนพื้นฐานของเครื่องต้นแบบและกรณีศึกษาเดียว การวิจัยในระยะต่อไปควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมวิสาหกิจชุมชนหลายแห่ง และประเมินซ้ำเมื่อเทคโนโลยีถูกนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์จริง เพื่อยืนยันผลในสภาพการดำเนินงานจริง

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบฆ่าเชื้อราในมะขามหวานโดยใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุผสานกับเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าทางการตลาด ซึ่งได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) สัญญาทุนเลขที่ C02F660277 ร่วมกับ บริษัท เฟบิกซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดยมีหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเป็นผู้ดำเนินงานโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2548). *ประกาศกรมทรัพย์สินทางปัญญา เรื่อง การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ มะขามหวานเพชรบูรณ์ ทะเบียนเลขที่ สช 48100003*. สืบค้นจาก https://www.ipthailand.go.th/images/3534/2563/GI/20200602/3.48100003.pdf

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ. (2563). *สถานการณ์การผลิตพืชจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี 2563*. เพชรบูรณ์: สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์, กลุ่มสารสนเทศการเกษตร. (2568). *ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์ (ฉบับประจำเดือนกันยายน 2568)*. เพชรบูรณ์: สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์.

ณัฏฐีวรรณ ปุนวัน, โชติกา บุญหลง, ศิริวรรณ ภูสุวรรณ, และวินิตา บริราช. (2531). ชนิดและสารพิษของเชื้อราในมะขามหวาน. *วารสารวิทยาศาสตร์การแพทย์, 30*(1), 3–8.

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์, และวชิรา พริ้งศุลกะ. (2542). วิธีการฉายรังสีมะขามหวาน: เทคโนโลยีเพื่อการปรับปรุงคุณภาพมะขามหวานและการยอมรับมะขามหวานฉายรังสีของผู้บริโภค. ใน *การประชุมวิชาการเทคนิคของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ครั้งที่ 15* (น. 85–95). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชยธร หมอนทอง, อรอินทุ์ ประไชโย, ศจี สุวรรณศรี, ปริตา ธนสุกาญจน์, และปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์. (2561). ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการยับยั้งเชื้อราในมะขามหวานแกะเปลือก (Tamarind indica L.). *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49*(1)(พิเศษ), 552–556.

Misra, N. N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J. P., Keener, K. M., & Cullen, P. J. (2014). In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. *Journal of Food Engineering, 125*, 131–138. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.023

Lotfy, K., Al-Qahtani, S., Al-Harbi, N., El-Absy, K., Bu Shulaybi, F., Alali, S., & Mashtoly, T. (2022). Decontamination potential of date palm fruit via non-thermal plasma technique. *Scientific Reports, 12*(1), 17323. https://doi.org/10.1038/s41598-022-22335-5

รวี ลงกานี. (2563). *การประเมินความเป็นไปได้ด้านการเงินของโครงการ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เฉลิมขวัญ ครุธบุญยงค์. (2564). *การวิเคราะห์โครงการลงทุน*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Thomas, C., Kirk-Bradley, N., Moore, J. M., Renchie, D., & Zhu-Salzman, K. (2026). A techno-economic analysis of a sustainable alternative to traditional grain storage methods: Atmospheric cold plasma. *Renewable Agriculture and Food Systems, 41*, e7. https://doi.org/10.1017/S1742170526100283

Ordaz, A., Gómez-Cisneros, A., Escalante-Aburto, A., & Calderón-Oliver, M. (2026). Techno-economic feasibility of functional snacks from brewer's spent grain and sweet potato: A simulation study. *Foods, 15*(10), 1654. https://doi.org/10.3390/foods15101654



แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

คทาชา ศรีฟ้าเลื่อน [1*] พามาดา ชูวุฒยากร[2] วีระชัย ใจคำปัน[3]

[1] อาจารย์หลักสูตรเตรียมบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
98 หมู่ที่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
[2] อาจารย์สาขาวิชาการเงินและการลงทุน คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพายัพ
272 หมู่ที่ 2 ตำบลสันพระเนตร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
[3] อาจารย์หลักสูตรเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
98 หมู่ที่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

*buncha001@rmutl.ac.th, 08 5539 1445

บทคัดย่อ

การศึกษา แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านการบัญชี ด้านการตลาด ให้กับร้านสวนกุหลาบหลวง จัดเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงพื้นที่ การสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ ทำการวิเคราะห์เชิงพรรณนา จากสมาชิกจำนวน 5 ราย โดยทำการเก็บข้อมูลในระหว่างปี 2568 เพื่อนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ปรับใช้ในการบริหารจัดการกลุ่ม การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์เบื้องต้น และการพัฒนาช่องทางด้านการตลาด ผลการศึกษาพบว่า ร้านสวนกุหลาบหลวง สามารถแยกรายการค่าใช้จ่ายเพื่อจัดทำต้นทุนเบื้องต้น รวมถึงการวิเคราะห์ Business Model Canvas (BMC) ของกลุ่มซึ่งก่อเกิดกระบวนการทำงานอย่างมีเป้าหมาย ทราบถึงแนวทางการพัฒนาธุรกิจของกลุ่ม กล่าวโดยสรุป การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการ และการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายออนไลน์ ส่งผลดีต่อร้านสวนกุหลาบหลวง ในการสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์และกลุ่ม ก่อให้เกิดการขับเคลื่อนเศรษฐกิจให้แก่ร้านสวนกุหลาบหลวง ต่อไป

คำสำคัญ : แนวทางการพัฒนา, การบริหารจัดการกลุ่ม, ต้นทุนผลิตภัณฑ์, การตลาดออนไลน์, Business Model Canvas

Guidelines for Business Management Development of Suan Kulap Luang Shop, Ban Pong Subdistrict, Hang Dong District, Chiang Mai Province.

Katacha Srifaluean[1*] Pamada Chuvutayakorn[2] Veerachai Jaikampan[3]

[1] Lecturer Faculty of College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna 98 Moo 8, T.Papong, Doisaket District, Chiangmai

[2] Lectutet Department of Accounting, Faculty of Business Administration, Payap University 272 Moo 2, T.San Phranet, San Sai District, Chiangmai

[3] Lecturer Faculty of College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna 98 Moo 8, T.Papong, Doisaket District, Chiangmai

* buncha001@rmutl.ac.th, 08 5539 1445

Abstract

This study on the business management development of Suan Kulap Luang Shop in Ban Pong Subdistrict, Hang Dong District, Chiang Mai Province, aims to transfer knowledge in group management, accounting, and marketing to the shop. Data was collected through fieldwork, interviews, and observations from five members, and analyzed descriptively during 2025. Interview data was used to improve group management, calculate initial product costs, and develop marketing channels. The results showed that Suan Kulap Luang Shop was able to categorize expenses for initial cost calculation and analyze the group's Business Model Canvas (BMC), leading to a goal-oriented work process and identifying business development strategies. In summary, the development of management knowledge and expertise in expanding online sales channels has positively impacted Suan Kulap Luang Shop, creating added value for both products and the group, and driving economic growth for the shop.

Keywords: development guidelines, Group Management, Product cost, online marketing, Business Model Canvas

1. บทนำ

เกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักที่สำคัญของประเทศไทย ภาคการเกษตรแบบดั้งเดิม มีลักษณะการผลิตที่มุ่งเน้นเพื่อการตอบสนองความต้องการและจำเป็นของครอบครัวของเกษตรกรเป็นหลัก ต่อมาได้มีการพัฒนาการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อการค้าเชิงพาณิชย์มากขึ้น ทำให้เกษตรกรขยายการผลิตได้อย่างรวดเร็ว วิถีการเกษตรของประเทศไทยได้เปลี่ยนจากภาคการบริโภคในครัวเรือนเพียงอย่างเดียว สู่การผลิตเชิงพาณิชย์มากยิ่งขึ้น และในปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม และอาชีพด้านเกษตรกรรมเป็นอาชีพที่เกี่ยวเนื่องกับการผลิต การจัดจำหน่ายสินค้า และบริการทางด้านการเกษตร ซึ่งผลผลิตทางการเกษตร นอกจากใช้ในการบริโภคภายในประเทศยังสามารถส่งออกเพื่อการค้าอันเป็นที่มาของเงินตราต่างประเทศที่นำมาใช้พัฒนาเศรษฐกิจต่อไป

ร้านสวนกุหลาบหลวง ภายใต้การกำกับดูแลของศูนย์พัฒนาทุ่งเริง มุ่งส่งเสริมการปลูกผักอินทรีย์ พืชผัก ไม้ผล ปศุสัตว์ และงานแปรรูปผลผลิต ภายใต้ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัย ได้แก่ระบบการเพาะปลูกที่ดี (GAP) มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตรสร้างรายได้ที่มั่นคงและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นให้แก่เกษตรกร นอกจากนี้ยังสนับสนุนและส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยการจัดกิจกรรมและพัฒนาด้านการศึกษา สังคม สิ่งแวดล้อม และสาธารณสุข สามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนให้เข้มแข็ง ส่งเสริมการปลูกป่าชาวบ้านตามแนวพระราชดำริป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่างการอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยการปลูกหญ้าแฝก รณรงค์การลดการใช้สารเคมีและเฝ้าระวังการปนเปื้อนมลพิษในสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรที่สูงแก่นักเรียน นักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไปรวมทั้งมีการส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดแหล่งเรียนรู้เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ชุมชนทั้งในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงและประชาชนที่สนใจเรียนรู้กระบวนการผลิตเกษตรอินทรีย์ รวมถึงกระบวนการนำผลผลิตมาแปรรูปเป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่าง ๆ ภายใต้การดำเนินงานของร้านค้าสวัสดิการ-สวนกุหลาบหลวง

จากการวิเคราะห์สภาพพื้นที่ บริบทชุมชนและสภาพการณ์ปัจจุบันของร้านสวนกุหลาบหลวง พบว่า จุดอ่อนที่ควรได้รับแก้ไขหรือพัฒนาเป็นลำดับแรก ได้แก่ การพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การบัญชี การตลาด เพื่อสร้างแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง เพื่อสร้างโอกาสในด้านการสร้างงานและกระจายรายได้ มีการส่งเสริมศักยภาพในการพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านเกษตรอินทรีย์เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน ด้านการวิเคราะห์ปัจจัยภายใน พบว่า ร้านยังขาดระบบการบริหารจัดการธุรกิจอย่าง เช่น ด้านการทำบัญชี ด้านการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านการตลาด การวิเคราะห์ด้านปัจจัยภายนอก พบว่า ปัญหาจากโรคอุบัติใหม่ ส่งผลกระทบกับกลุ่ม ทำให้การดำเนินธุรกิจต้องหยุดชะงัก ไม่ได้ดำเนินการ และโอกาสของการฟื้นตัวยังมีความเป็นไปได้น้อย การปรับตัวและการพัฒนาศักยภาพของร้านส่วนกุหลาบเพื่อรองรับการสร้างความสามารถในการแข่งขัน เพื่อการพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านเกษตรอินทรีย์เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนต่อไป

จากการผลดำเนินงานแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ การหารือร่วมกับภาคีเครือข่ายและผลการจัดเก็บข้อมูลด้าน

ข้อคิดเห็นของผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ ข้างต้น คณะผู้วิจัยเห็นว่า ร้านสวนกุหลาบหลวง มีทุนทรัพยากรในพื้นที่มีศักยภาพด้านบุคคล และความเป็นไปได้ในการพัฒนาขยายผล หากได้รับการการส่งเสริม สนับสนุน พัฒนาศักยภาพของกลุ่มฯ อย่างต่อเนื่อง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎี

แนวคิดการตลาดเชิงสร้างสรรค์

สภาวะการแข่งขันในตลาดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน กระบวนการและแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ต้องมีความเป็นเอกลักษณ์ มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ สนองความต้องการของลูกค้าและควรเป็นสิ่งใหม่ที่เกิดจากาการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม เพื่อรักษาสภาพการแข่งขันทดแทนผลิตภัณฑ์เดิม และเป็นการเพิ่มโอกาสใหม่ กลยุทธ์การตลาด เชิงสร้างสรรค์ (กุลฉัตร ฉัตรกุล,2557) มีดังนี้

1. โฆษณสินค้าหรือบริการควรผูกติดไปกับกิจกรรมประจำวันหรือพฤติกรรมออนไลน์ (Tie-in Promotion online)

2. การใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ในการส่งเสริมการตลาด

3. กลยุทธ์การตลาดส่วนขยาย (Extended Marketing) ของ Boom and Bitner ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มจากกลยุทธ์ส่วนประสมการตลาดจากเดิม 4Ps อีก 3Ps สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการตลาดสินค้าหรือบริการที่สร้างสรรค์ได้ดังนี้ Physical Evidence เป็นกลยุทธ์การตลาดที่ผู้ให้บริการควรเปิดเผยกระบวนการให้บริการอย่างเป็นประจักษ์ต่อลูกค้า สามารถจับต้องได้ รู้สึกได้อย่างมั่นใจ Process การให้บริการใน ปัจจุบันมีความรวดเร็วทันใจมากขึ้นด้วยเทคโนโลยี People คนก่อให้เกิดกระบวนการซื้อและปิดการขายด้วยมูลค่าสูง สามารถแข่งขันได้

ตลาดเชิงสร้างสรรค์เป็นการผสมผสานแนวคิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ภูมิปัญญาท้องถิ่น วัฒนธรรมดั้งเดิม หรือปัญหาความต้องการในการดำเนินชีวิตมารวมกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกิดเป็นสินค้าและบริการที่สร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญว่านำไปใช้ประโยชน์อะไร (Functional) ที่คุ้มค่า โดยใช้หลักการตลาด 7Ps ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม

แนวคิดด้านการบัญชีต้นทุน

การบัญชีต้นทุน (Cost Accounting) เป็นแขนงหนึ่งของการบัญชีที่มุ่งเน้นการรวบรวม บันทึก จำแนก วิเคราะห์ และรายงานข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนของสินค้าและบริการ เพื่อใช้ในการวางแผน การควบคุม การตัดสินใจ และการประเมินผลการดำเนินงานของกิจการ โดยข้อมูลต้นทุนช่วยให้ผู้บริหารสามารถกำหนดราคาขาย ควบคุมค่าใช้จ่าย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร

แนวคิดสำคัญของการบัญชีต้นทุนประกอบด้วย

1. การจำแนกต้นทุน (Cost Classification) ได้แก่

1.1. จำแนกตามลักษณะของต้นทุน เช่น ต้นทุนทางตรง และต้นทุนทางอ้อม

1.2 จำแนกตามพฤติกรรมของต้นทุน เช่น ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และต้นทุนกึ่งผันแปร

1.3 จำแนกตามหน้าที่งาน เช่น ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการขาย และต้นทุนการบริหาร

2. องค์ประกอบของต้นทุนการผลิต

2.1 วัตถุดิบทางตรง (Direct Materials)

2.2 ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor)

2.3 ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead)

3. การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์

3.1 การคิดต้นทุนงานสั่งทำ (Job Order Costing)

3.2 การคิดต้นทุนช่วงการผลิต (Process Costing)

3.3 การคิดต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC)

4. การใช้ข้อมูลต้นทุนเพื่อการบริหาร ข้อมูลต้นทุนสามารถนำไปใช้ในการ

4.1 วางแผนและจัดทำงบประมาณ

4.2 ควบคุมต้นทุน

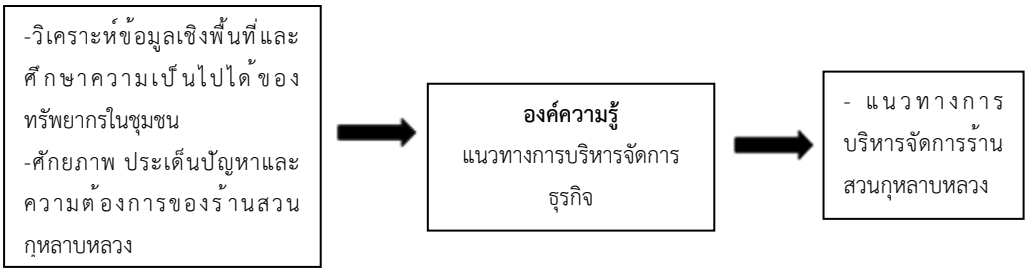
4.3 วิเคราะห์ต้นทุน–ปริมาณ–กำไร (Cost–Volume–Profit Analysis)

4.4 ตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิต การกำหนดราคา และการลงทุน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บัญชา อินทะกูล (2560) กลยุทธ์การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่อย่างยั่งยืน พบว่า วิสาหกิจชุมชนมีจุดแข็ง คือ มีการแบ่งหน้าที่อย่างชัดเจน มีการจัดโครงสร้างองค์กรและแบ่งหน้าที่ให้สมาชิกอย่างมีความยุติธรรม มีวัตถุดิบเป็นของตนเอง จุดอ่อน คือ การคัดเลือกคนเข้าทำงานยังใช้ระบบอุปถัมภ์ ขาดความรู้ในการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยส่งเสริมในเรื่องช่องทางการจัดจำหน่าย โอกาส คือ ได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอก มีเครือข่ายที่ให้การสนับสนุนด้านการตลาด และอุปสรรค คือ การเข้ามาของคู่แข่งขันเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของการประเมินศักยภาพ การบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ ก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการพบว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีศักยภาพด้านการบริหารจัดการด้านการผลิต การบริหารทรัพยากรมนุษย์ และการบริหารจัดการด้านการตลาดอยู่ในระดับกลาง และการบริหารจัดการด้านการเงินอยู่ในระดับน้อย สำหรับศักยภาพการบริหารจัดการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนภายหลังการเข้าร่วมโครงการอยู่ในระดับมาก ด้านการผลิต การตลาด การบริหารจัดการด้านทรัพยากรมนุษย์ สำหรับการบริหารจัดการด้านการเงินอยู่ในระดับกลาง จากการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่ โดยจัดทำเป็นกลยุทธ์การพัฒนาเพื่อประสิทธิภาพและขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการด้านการตลาด มีประเด็นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีจุดอ่อนที่สุดและจำเป็นจะต้องทำการพัฒนาโดยการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าให้มีความหลากหลาย โดยการใช้เทคโนโลยีสื่ออิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้เป็นกลยุทธ์การพัฒนาศักยภาพการบริหารจัดการตลาดโดยทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถสร้างเว็ปเพจบน Facebook สำหรับการโฆษณาประชาสัมพันธ์สินค้าให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายได้กว้างขวางขึ้นภายใต้ชื่อ “ของดีตำบลห้วยทราย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่”

วราภรณ์ อ่อนคำ, พงศ์สวัสดิ์ ราชจันทร์, วรฉัตร วริวรรณ และสุริยา ปัญญจิตร (2564) ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษากลุ่มอาชีพการทอเสื่อกก แม่บ้านตะวันสีทอง บ้านท่าเสียว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทางกลุ่มมีการพัฒนาการทอเสื่อกกให้เกิดมูลค่าที่นำมาผลิตเป็นเครื่องมือใช้สอยในชีวิตประจำวัน นำมาจัดทำเป็นกลุ่มอาชีพของชุมชน ส่งผลทำให้เกิดรายได้หมุนเวียนในครอบครัว และเป็นอาชีพเสริมของคนในชุมชน ทั้งยังมีการจัดโครงการไปศึกษาดูงานนอกพื้นที่เกี่ยวกับสินค้าจากเสื่อกก โดยนำมาประยุกต์และต่อยอดพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอาชีพการทอเสื่อกก และผลการศึกษาในประเด็นแนวทางในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มอาชีพการทอเสื่อกกแม่บ้านตะวันสีทอง บ้านท่าเสียว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัยจังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า กลุ่มได้คำนึงถึงการพัฒนาและต่อยอดอย่างต่อเนื่อง โดยมีการอบรมปลูกฝังให้กับคนรุ่นใหม่ในหมู่บ้านอนุรักษ์สืบสานอาชีพที่บรรพบุรุษได้สืบทอดกันมา มีการจัดฝึกอบรมและการเข้ามาสนับสนุนและให้ความรู้จากภาครัฐและเอกชนต่าง ๆ แนะนำช่องทางการจำหน่ายสินค้าชุมชน การผลิตสินค้าที่มีเอกลักษณ์และสามารถดึงจุดเด่นของสินค้าออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 กรอบงานวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บข้อมูล ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling technique) จากสมาชิกร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้บริการและการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในร้าน จำนวน 5 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสัมภาษณ์เป็นลักษณะคำถามแบบปลายเปิด โดยทำการเก็บข้อมูลในระหว่างปี 2568

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือการสร้างเครื่องมือแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทฤษฎี รวมถึงเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การบริหารจัดการกลุ่ม ผังโครงสร้างองค์กร ส่วนที่ 2 รายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในร้านสวนกุหลาบหลวง

3. การตรวจสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล งานวิจัยนี้ได้วางมาตรการที่จะป้องกันความผิดพลาดในการตรวจสอบข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์โดยใช้การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) สุภางค์ จันทวานิช (2563) 2 วิธีการดังนี้ 1.) การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) โดยพิจารณาข้อมูลที่ได้รับจากเวลาการลงพื้นที่ในสถานที่ของสมาชิกร้านสวนกุหลาบหลวง 2.) การตรวจสอบสามเส้าด้านผู้เก็บข้อมูล (Investigator Triangulation) โดยผู้วิจัยลงเก็บรวบรวมข้อมูลเดียวกันข้อมูลที่ได้จะเหมือนเดิม

4. วิเคราะห์ข้อมูล ต้นทุนและผลตอบแทนโดยการใช้ตารางประกอบคำบรรยาย ซึ่งแสดงเป็นจำนวนและร้อยละ

5. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้าน สังคม วัฒนธรรม วิถีชีวิต

การสัมภาษณ์เจาะลึก (In-Depth Interview) ปราชญ์ชุมชน สมาชิกร้าน การสนทนากลุ่ม (Focus Group)ภาคีเครือข่าย ใช้การสนทนากลุ่มกับผู้ใช้ข้อมูลสำคัญ และกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้อง

การใช้แบบสอบถามจัดเก็บข้อมูลความคิดเห็น/ระดับความพึงพอใจ

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม SWOTs ระบุจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และข้อจำกัด โดยที่การประเมินสภาพแวดล้อมที่เป็นการระบุให้เห็นถึงจุดแข็งและจุดอ่อนจะเป็นการประเมินภายในองค์กร ส่วนการประเมินสภาพแวดล้อมที่เป็นโอกาสและข้อจำกัดจะเป็นการประเมินภายนอกองค์กร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสม

6. ขอบเขตเนื้อหา

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีเนื้อหาดังนี้

1) การวิเคราะห์สภาพร้านสวนกุหลาบหลวง

2) การพัฒนาศักยภาพสมาชิกของร้านสวนกุหลาบหลวง ด้านการทำบัญชี การบริหารจัดการ และการตลาด

7. ขอบเขตพื้นที่

ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

8. ขอบเขตประชากร

ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

4. ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการกลุ่มด้านการบัญชี ด้านการตลาด ให้กับร้านสวนกุหลาบหลวง โดยมีกิจกรรมดำเนินการ ดังนี้

กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการบริหารจัดการองค์กร ผลการดำเนินกิจกรรมกลุ่มร้านสวนกุหลาบหลวง ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการองค์กร เพื่อให้เกิดกระบวนการบริหารงานที่เป็นมาตรฐานและก่อเกิดกระบวนการพัฒนากลุ่มให้เกิดความเข้มแข็ง

กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านบัญชีและความรู้เบื้องต้นด้านการบัญชีต้นทุน ผลการดำเนินกิจกรรม ร้านสวนกุหลาบหลวง ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการจัดทำบัญชีเบื้องต้นและสามารถประยุกต์องค์ความรู้ด้านการบัญชีมาจัดทำข้อมูลทางการบัญชีของกลุ่ม ให้ทราบถึงข้อมูลรายได้และค่าใช้จ่ายอย่างเห็นได้ชัด เพื่อพัฒนาสู่กระบวนการลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ ส่งผลให้เกิดระบบเศรษฐกิจของกลุ่มมีการพัฒนาในทางที่ดี

กิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการตลาดเบื้องต้น ผลการดำเนินกิจกรรม ร้านสวนกุหลาบหลวง ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการด้านการตลาดเบื้องต้นและสามารถประยุกต์องค์ความรู้ด้านการตลาดเพื่อหารูปแบบการทำการตลาดให้ร้านสวนกุหลาบหลวง และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับใช้ในการปรับรูปแบบการตลาดของกลุ่มให้เข้าสู่รูปแบบการตลาดออนไลน์

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบสถานการณ์ก่อนการดำเนินกิจกรรมและหลังการดำเนินกิจกรรม

กิจกรรมที่ดำเนินการ	**ผลการดำเนินงาน โดยการเปรียบเทียบ**	
	ก่อนการดำเนินงาน	**หลังการดำเนินงาน**
พัฒนาศักยภาพด้านการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง	ขาดความรู้ด้านการบริหารจัดการ การบัญชี	ร้านสามารถแยกค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการบริหารจัดการกลุ่มได้ ทำให้เห็นรายการรายจ่ายที่สามารถปรับลดลงได้ ทำให้เกิดการลดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นลงได้ และกลุ่มสามารถจดบันทึกรายการเกี่ยวกับต้นทุนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้อย่างถูกต้องตามสมควร ทำให้กลุ่มสามารถลดต้นทุน เพิ่มรายได้ให้เกิดกับกลุ่มและสมาชิกของกลุ่ม รวมทั้งการกระจายรายได้ด้านการจ้างงานสู่ชุมชน
ขยายช่องทางการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขายให้แก่ผลิตภัณฑ์ของร้านสวนกุหลาบหลวง	ขาดองค์ความรู้ในการทำการตลาดออนไลน์เพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย	ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย มีการจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น ผ่านเพจ Facebook โดยสร้างรายได้เพิ่มให้กับกลุ่ม 10% ซึ่งกลุ่มสามารถพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายออนไลน์ เพื่อเป็นช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในสถานการณ์ปัจจุบัน และยังสามารถถ่ายทอดเรื่องราว และผลิตภัณฑ์ใหม่ ของร้านสวนกุหลาบหลวง ให้ลูกค้าที่ติดตามได้เห็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

5. สรุปและอภิปราย

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจร้านสวนกุหลาบหลวง เพื่อสร้างโอกาสในด้านการสร้างงานและกระจายรายได้ เพื่อการส่งเสริมศักยภาพในการพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านเกษตรอินทรีย์เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนให้กับร้านสวนกุหลาบหลวง สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ร้านสวนกุหลาบหลวง มีกระบวนการบริหารจัดการธุรกิจ โดยการแบ่งหน้าที่ชัดเจนในแต่ละหน้าที่ โดยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของแต่ละงาน เพื่อเข้าใจโครงสร้างการบริหารงานกลุ่มเบื้องต้น ด้านกระบวนการจัดทำบัญชี ร้านสวนกุหลาบหลวง สามารถจัดทำบัญชีเบื้องต้นได้ ทำให้ร้านสามารถแยกต้นทุนแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ โดยมีการจดบันทึกในสมุดบัญชีของกลุ่ม นอกจากนี้ ร้านสวนกุหลาบหลวง ยังมีการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และข้อมูลการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ของร้านสวนกุหลาบหลวงในรูปแบบออนไลน์ เพื่อรอบรับการพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านเกษตรอินทรีย์เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนได้ กระบวนการบริหารจัดการกลุ่ม โดยการแบ่งหน้าที่ชัดเจนในแต่ละหน้าที่ โดยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของแต่ละงาน เพื่อเข้าใจโครงสร้างการบริหารงานกลุ่มเบื้องต้น ด้านกระบวนการจัดทำบัญชี ร้านสวนกุหลาบหลวง สามารถจัดทำบัญชีเบื้องต้นได้ ทำให้กลุ่มสามารถแยกต้นทุนแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ โดยมีการจดบันทึกในสมุดบัญชีของกลุ่ม

สรุปแนวทางการบริหารจัดการกลุ่ม ด้านการจัดการ การบัญชี การตลาด ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ เข้าใจบทบาทการบริหารจัดการกลุ่มและสามารถเข้าใจกระบวนการบริหารจัดการกลุ่มเพิ่มมากขึ้น สามารถเข้าใจการคำนวณต้นทุนผลิตได้เพิ่มมากขึ้น โดยทำให้สามารถคำนวณต้นทุนได้ถูกต้องมายิ่งขึ้น โดยการนำค่าแรงงานคำนวณรวมกับต้นทุนผลิตภัณฑ์

ปัญหา อุปสรรค

การที่ร้านสวนกุหลาบหลวง มีการเปิดทุกวันและมีวัตถุดิบหลากหลาย ซึ่งทำให้การแบ่งเวลาในการร่วมพัฒนากิจกรรมร่วมกัน

แนวทางแก้ไข

การที่ร้านสวนกุหลาบหลวง ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์พัฒนาทุ่งเริง ในฐานะหน่วยงานกับกำดูแล เป็นเรื่องที่ดีมาก แต่ร้านสวนกุหลาบหลวง ควรมีการบริหารจัดการโครงสร้างองค์กร ให้เกิดความชัดเจน และร่วมทำความเข้าใจร่วมกันในกระบวนการพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ที่เป็นต้นแบบของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อเกิดการพัฒนาศูนย์การเรียนรู้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะจากการดำเนินโครงการ

โครงการ แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ได้เริ่มดำเนินการโดยการเข้าพบหัวหน้าศูนย์พัฒนาทุ่งเริง และผู้จัดการร้านสวนกุหลาบหลวง เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้องค์ความรู้ระหว่างกัน โดยได้รับความร่วมมืออย่างดีจากหน่วยงานข้างต้น ซึ่งก่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในการพัฒนา แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการ

ธุรกิจ ร้านสวนกุหลาบหลวง ตำบลบ้านปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ ร้านสวนกุหลาบหลวง ศูนย์พัฒนาทุ่งเริง ตำบลบ้างปง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ข้อมูลสัมภาษณ์และทำให้รายงานวิจัยครั้งนี้ผ่านไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

กุลฉัตร ฉัตรกุล ณ อยุธยา. (2557). *การตลาดไม่รู้จักพอ (Never ending marketing)*. กรุงเทพฯ: โพสต์พับลิชชิ่ง

เชาวลีย์ พงศ์ผาติโรจน์ และคณะ. (2548). หลักการบัญชี 1. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัญชา อินทะกูล. (2560). กลยุทธ์การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพ และขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการ วิสาหกิจชุมชนจังหวัดเชียงใหม่อย่างยั่งยืน.

ปุณฑริกา สุคนธสิงห์. (2556). การพัฒนาศักยภาพทางการตลาด ผลิตภัณฑ์จากเศษผ้า และสร้างเครือข่ายความร่วมมือ: กรณีศึกษา กลุ่มอาชีพตัดเย็บบ้านน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์.

รัชนีกร อุตตมา. (2553). ช่องทางการจัดจำหน่ายผักปลอดสารพิษของเกษตรกร ในอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระ หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วราภรณ์ อ่อนคำ, พงศ์สวัสดิ์ ราชจันทร์, วรฉัตร วริวรรณ และสุริยา ปัญญจิตร. (2564). ศักยภาพในการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกรณีศึกษากลุ่มอาชีพการทอเสื่อกก แม่บ้านตะวันสีทอง บ้านท่าเสียว ตำบลสะอาด อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด.

วัฒนา ศิวะเกื้อ และคณะ. (2559). การบัญชีขั้นต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สรรเสริญ แก้วกำเนิด.(2561). แนวทางการพัฒนาตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ฉบับที่ 12. สืบค้น 1 พฤษภาคม 2563, จาก http://www.dsdw2016.dsdw.go.th

สมยศ นาวีการ. (2543). การบริหารและพฤติกรรมองค์การ.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ กรุงเทพมหานคร.

สุภางค์ จันทวานิช. (2563). *วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 25). กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิวิมล มีอำพล. (2563). การบัญชีต้นทุน (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: อินโฟไมนิ่ง.

Garrison, R. H., Noreen, E. W., & Brewer, P. C. (2021). Managerial Accounting (17th ed.). McGraw-Hill.

Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2018). Cost Accounting: A Managerial Emphasis (16th ed.). Pearson.



การประเมินศักยภาพเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ผ่านการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแผนพัฒนาและงบประมาณเทศบาล: กรณีศึกษา

ไพรพันธ์ ธนเลิศโศภิต
คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

E-mail : paipan@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งประเมินระดับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ของเทศบาลกรณีศึกษา โดยใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสานที่ประกอบด้วยการวิเคราะห์เอกสารนโยบายเชิงคุณภาพเข้ากับการประเมินเชิงปริมาณด้วยกรอบคะแนนเมืองอัจฉริยะใน 5 มิติ 20 ตัวชี้วัด แหล่งข้อมูลหลักได้แก่ เทศบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปี พ.ศ. 2569 และแผนพัฒนาเทศบาลกรณีศึกษา ผลการประเมินพบว่าเทศบาลกรณีศึกษาได้คะแนนเฉลี่ยรวม 3.15 จากคะแนนเต็ม 5.00 มิติคุณภาพชีวิตได้คะแนนสูงสุด (3.50) ขณะที่มิติสิ่งแวดล้อมเมืองได้คะแนนต่ำสุด (2.75) การวิเคราะห์งบประมาณชี้ให้เห็นความไม่สอดคล้องเชิงโครงสร้างระหว่างการจัดสรรทรัพยากรกับยุทธศาสตร์ดิจิทัล โดยงบด้านดิจิทัลและนวัตกรรมคิดเป็นเพียงร้อยละ 6.9 ของงบประมาณรวม ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเทศบาลนครในกลุ่มประเทศกลุ่มประเทศสมาชิกในองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาเกือบเท่าตัว ผลการวิจัยมีนัยสำคัญต่อการปรับนโยบายงบประมาณและการวางแผนเมืองในระยะ 5 ปีข้างหน้า

คำสำคัญ: เมืองอัจฉริยะน่าอยู่ เทศบาลกรณีศึกษา การประเมินเมือง งบประมาณท้องถิ่น นโยบายดิจิทัล

Assessing Smart Livable City Potential through Budget–Development Plan Alignment: A Case Study

Abstract

This study examines the smart livable city development potential of a case-study municipality through a convergent parallel mixed-methods design, integrating qualitative documentary analysis with quantitative assessment using the Smart Livable City Scoring (SLCS) framework across five dimensions and twenty indicators. Primary data sources comprised CMM's Annual Budget Ordinance B.E. 2569 and the Municipal Development Plan. Results indicate an overall SLCS mean of 3.15/5.00. Quality of Life scored the highest (3.50), while Urban Environment scored the lowest (2.75). Budget analysis revealed structural misalignment: digital and innovation allocations constitute only 6.9% of total expenditure, roughly half the OECD municipal average. Expert validation by three CMM divisional specialists confirmed framework reliability through a two-round consensus process. The findings carry policy implications for resource reallocation and strategic urban planning over the next five-year cycle.

Keywords: smart livable city Chiang Mai Municipality urban assessment local budget digital policy

1. บทนำ

เทศบาลกรณีศึกษาเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบพิเศษที่บริหารจัดการเมืองกรณีศึกษา ซึ่งเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจและวัฒนธรรมสำคัญของภาคเหนือ ในบริบทที่กระแสการพัฒนาเมืองอัจฉริยะแพร่หลายสู่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไทยอย่างรวดเร็ว คำถามสำคัญที่เกิดขึ้นคือ เทศบาลกรณีศึกษามีระดับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะน่าอยู่อยู่ที่ใด และงบประมาณที่จัดสรรสะท้อนยุทธศาสตร์ดิจิทัลที่ประกาศไว้มากน้อยเพียงใด

งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ศึกษาเมืองอัจฉริยะในบริบทเมืองหลักของประเทศหรือมหานครในประเทศพัฒนาแล้ว การศึกษาเมืองขนาดกลางในบริบทประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะที่มีทุนมรดกวัฒนธรรมสูงอย่างเมืองกรณีศึกษา ยังคงมีช่องว่างอยู่มาก Pongruengkiat et al. (2023) และ Moolngearn & Srabua (2024)

เน้นว่าการประเมินเมืองอัจฉริยะในบริบทดังกล่าวต้องการกรอบที่ยืดหยุ่นและปรับได้ตามบริบทท้องถิ่น ซึ่งกรอบ กรอบการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ของ Irvine (2022) ตอบโจทย์นี้ได้เป็นอย่างดี

การวิจัยครั้งนี้กำหนดวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ (1) ประเมินระดับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ของเทศบาลกรณีศึกษาใน 5 มิติผ่านกรอบการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ (2) วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างการจัดสรรงบประมาณตามเทศบัญญัติ พ.ศ. 2569 กับยุทธศาสตร์ดิจิทัลในแผนพัฒนาเทศบาล และ (3) นำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการพัฒนาในระยะ 5 ปีข้างหน้า

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 แนวคิดเมืองอัจฉริยะน่าอยู่

แนวคิดเมืองอัจฉริยะ (Smart City) พัฒนาจากการมุ่งเน้นเทคโนโลยีล้วนสู่การบูรณาการมิติคุณภาพชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม Irvine (2022) เสนอกรอบการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ที่ผสานความน่าอยู่กับความอัจฉริยะใน 5 มิติ ได้แก่ คุณภาพชีวิต สิ่งแวดล้อมเมือง เศรษฐกิจ โครงสร้างพื้นฐาน และธรรมาภิบาล Pongruengkiat et al. (2023) ปรับกรอบนี้สู่บริบทเมืองกำลังพัฒนาโดยเพิ่มน้ำหนักตัวชี้วัดที่สัมผัสได้โดยตรงในชีวิตประจำวัน Worrakittimalee & Phothiyarach (2024) เสริมว่าการพัฒนาดิจิทัลต้องควบคู่กับการแก้ปัญหาความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีของกลุ่มเปราะบาง

2.2 งบประมาณท้องถิ่นกับการพัฒนาดิจิทัล

Thesari et al. (2021) ชี้ให้เห็นว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไทยส่วนใหญ่ประสบปัญหาช่องว่างงบประมาณดิจิทัล (Digital budget gap) คือมีแผนดิจิทัลที่ทะเยอทะยานแต่ขาดการจัดสรรงบประมาณที่เพียงพอ Makkonen & Inkinen (2024) วิเคราะห์ข้อมูลเทศบาลกลุ่มประเทศ OECD พบว่าการจัดสรรงบดิจิทัลที่เหมาะสมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12 ส่งผลต่อประสิทธิภาพบริการสาธารณะอย่างมีนัยสำคัญ Prateeppornnarong (2025) แนะนำให้นำงบประมาณแบบมีส่วนร่วม (Participatory budgeting) มาเป็นกลไกตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแผนและงบประมาณ

2.3 เมืองกรณีศึกษา เมืองมรดก เมืองท่องเที่ยว และดิจิทัล

Somnuxpong et al. (2024) พบว่าการนำดิจิทัลมาสนับสนุนการท่องเที่ยวมรดกวัฒนธรรมในเมืองกรณีศึกษาสามารถลดแรงกดดันต่อโบราณสถานจากนักท่องเที่ยว ขณะที่เพิ่มรายได้ให้ชุมชนรอบข้าง Moolngearn & Srabua (2024) เปรียบเทียบเมืองท่องเที่ยวในอาเซียนพบว่าเมืองที่บูรณาการ Smart City กับอัตลักษณ์ท้องถิ่นได้ดีกว่ามีความยั่งยืนทางเศรษฐกิจสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ Punyathong (2025) ย้ำว่านโยบายเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital economy) ในเมืองมรดกต้องออกแบบให้ครอบคลุมการรวมทุกคนเข้าสู่สังคม (Digital inclusion) เพื่อป้องกันการกระจุกตัวของประโยชน์

ตารางที่ 1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและประเด็นที่นำมาใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัย (ปี)	ประเด็นสำคัญ	วิธีวิจัย	ความเชื่อมโยง
Irvine (2022)	กรอบเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ 5 มิติ: บูรณาการความน่าอยู่และอัจฉริยะ	ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ	กรอบหลักการประเมิน
Pongruengkiat et al. (2023)	ปรับกรอบเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ สู่บริบทเมืองกำลังพัฒนา	กรณีศึกษา	มิติ 1, 3 การปรับตัวชี้วัด
Thesari et al. (2021)	Digital budget gap ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไทย	การวิเคราะห์นโยบาย	กรอบวิเคราะห์งบประมาณ
Makkonen & Inkinen (2024)	งบ ICT ≥12% สู่การมีประสิทธิภาพบริการสูงขึ้น	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธีการทางสถิติ	เกณฑ์อ้างอิงงบดิจิทัล
Worrakittimalee & Phothiyarach (2024)	Digital inclusion กลุ่มเปราะบาง	สอบถาม	มิติ 2, 5
Moolngearn & Srabua (2024)	Smart City เมืองท่องเที่ยวอาเซียน	การศึกษาการเปรียบเทียบ	มิติ 3 เศรษฐกิจ
Somnuxpong et al. (2024)	ดิจิทัลกับมรดกวัฒนธรรมเมือง กรณีศึกษา	งานวิจัยผสมผสาน	บริบทพื้นที่

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบผสมผสานแบบขนาน (Convergent Parallel Mixed-Methods) ตาม Creswell & Plano Clark (2018) โดยดำเนินการ 2 สายงานคู่ขนาน คือ (1) วิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพ (CAQDAS-informed content analysis) ตามแนวทาง Miles et al. (2020) เพื่อถอดรหัสเนื้อหาจากเอกสารนโยบาย และ (2) ประเมินเชิงปริมาณด้วยกรอบการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ผ่านมาตรวัด 1–5 คะแนน จากนั้นบูรณาการผลทั้งสองสายในขั้นตีความ

3.2 กรอบประเมินการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่และแหล่งข้อมูล

กรอบการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ครอบคลุม 5 มิติ 20 ตัวชี้วัด ใช้คะแนน 1–5 โดย 1 = ไม่มีหลักฐานปรากฏ, 3 = ดำเนินการบางส่วน, 5 = ดำเนินการเต็มรูปแบบพร้อมหลักฐาน แหล่งข้อมูลหลักประกอบด้วยเทศบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปี พ.ศ. 2569 (เทศบาลกรณีศึกษา, 2569) และแผนพัฒนาเทศบาลกรณีศึกษา พ.ศ. 2566–2570 (เทศบาลกรณีศึกษา, 2565) พร้อมด้วยรายงานและข้อมูลเชิงสถิติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3.3 การสอบทานโดยผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อเพิ่มความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และความน่าเชื่อถือของผลการประเมิน ผู้วิจัยจัดกระบวนการสอบทาน 2 รอบกับผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านจากหน่วยงานภายในเทศบาลกรณีศึกษา ตามแนวทาง Delphi-modified consensus รอบที่ 1 เป็นการพิจารณาอิสระพร้อมให้ข้อเสนอแนะเป็นลายลักษณ์อักษร รอบที่ 2 ประชุมเพื่อสร้างฉันทามติในประเด็นที่ยังมีความเห็นต่าง

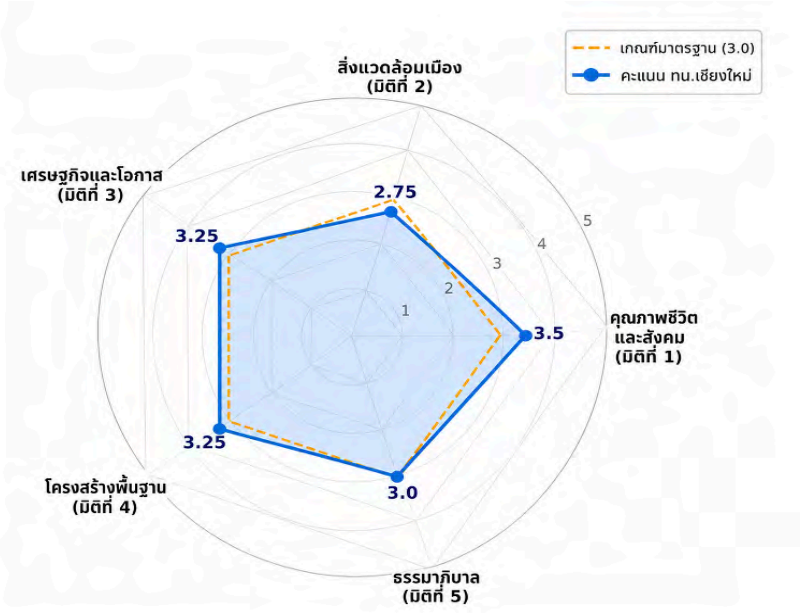
ผลการสอบทานรอบที่ 1 นำไปสู่การปรับปรุงสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ การปรับเกณฑ์มิติที่ 2 ให้อ้างอิงมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (WHO) โดยตรง การขยายนิยามโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลในมิติที่ 4 และการเพิ่มตัวชี้วัดการมีส่วนร่วมดิจิทัลในมิติที่ 5 รอบที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านบรรลุฉันทามติในทุกตัวชี้วัดที่ปรับแก้

3.4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องงบประมาณ

ผู้วิจัยจำแนกรายการงบประมาณออกเป็น 4 ประเภทตามกรอบความสอดคล้องด้านงบประมาณและนโยบาย (Budget-policy alignment) ซึ่งประกอบด้วย (1) งบสูงกว่าเกณฑ์อ้างอิง (Over-invested) >20%, (2) อยู่ในช่วง (Moderate) ±20% ของเกณฑ์, (3) มียุทธศาสตร์ชัดเจนแต่ขาดงบสนับสนุน (Misaligned) และ (4) งบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเทศบาลนครของประเทศไทย (Under-digital) เกินร้อยละ 20

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการประเมินระดับความน่าอยู่อัจฉริยะของเทศบาลกรณีศึกษาใน 5 มิติ



รูปที่ 1 แสดงผลการประเมินระดับความน่าอยู่อัจฉริยะของเทศบาลกรณีศึกษาใน 5 มิติ

จากรูปที่ 1แสดงผลการประเมินระดับความน่าอยู่อัจฉริยะของเทศบาลกรณีศึกษาใน 5 มิติ ประกอบด้วย (1) คุณภาพชีวิตและสังคม (Quality of Life and Social), (2) สิ่งแวดล้อมเมือง (Urban Environment), (3) เศรษฐกิจและโอกาส (Economy and Opportunity), (4) โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) และ (5) ธรรมาภิบาล (Governance) โดยใช้กราฟเรดาร์ (Radar Chart) เปรียบเทียบคะแนนการประเมินของเทศบาลกรณีศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ระดับ 3.0 คะแนน

ผลการประเมินพบว่า เทศบาลกรณีศึกษามีผลการดำเนินงานสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานใน 3 มิติ ได้แก่ คุณภาพชีวิตและสังคม (3.50 คะแนน) เศรษฐกิจและโอกาส (3.25 คะแนน) และโครงสร้างพื้นฐาน (3.25 คะแนน) สะท้อนถึงศักยภาพของเมืองในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน การส่งเสริมกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการเติบโตของเมือง ขณะที่มิติธรรมาภิบาลมีคะแนนเท่ากับเกณฑ์มาตรฐาน (3.00 คะแนน) แสดงให้เห็นว่าการบริหารจัดการภาครัฐมีผลการดำเนินงานอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ยังมีโอกาสในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและความโปร่งใสมากยิ่งขึ้น

ในทางตรงกันข้าม มิติสิ่งแวดล้อมเมืองมีคะแนนเฉลี่ย 2.75 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมยังเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม ทั้งในด้านคุณภาพอากาศ การบริหารจัดการของเสีย พื้นที่สีเขียว และการรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยกระดับเมืองสู่การเป็นเมืองน่าอยู่อัจฉริยะอย่างยั่งยืน

ดังนั้นจะพบว่า ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าเทศบาลกรณีศึกษามีผลการดำเนินงานอยู่ในระดับค่อนข้างดีเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน โดยเฉพาะในมิติด้านสังคม เศรษฐกิจ และโครงสร้างพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม การยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและธรรมาภิบาลจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสร้างความสมดุลของการพัฒนาเมือง และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาเมืองน่าอยู่อัจฉริยะ (Smart Livable City) อย่างยั่งยืนในระยะยาว

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องงบประมาณ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างงบประมาณ พ.ศ. 2569 กับยุทธศาสตร์ดิจิทัล

หมวดงบประมาณ	งบจัดสรร (ล้านบาท)	สัดส่วน (%)	ความสอดคล้องยุทธศาสตร์	ประเภทการลงทุน
โครงสร้างพื้นฐาน	285.4	38.20%	สอดคล้องบางส่วน	งบสูงกว่าเกณฑ์อ้างอิงมากกว่า 20%
การศึกษาและสังคม	198.7	26.60%	สอดคล้องดี	อยู่ในช่วง ±20%
สาธารณสุข	112.3	15.00%	สอดคล้องดี	ปานกลาง
สิ่งแวดล้อม	89.6	12.00%	ต่ำกว่าที่ควร	มียุทธศาสตร์ชัดเจนแต่ขาดงบสนับสนุน

หมวดงบประมาณ	งบจัดสรร (ล้านบาท)	สัดส่วน (%)	ความสอดคล้องยุทธศาสตร์	ประเภทการลงทุน
ดิจิทัลและนวัตกรรม	51.2	6.90%	ต่ำกว่าเกณฑ์มาก	งบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเทศบาลนครของประเทศไทย
อื่น ๆ	10.1	1.30%	-	-
รวม	**747.3**	**100%**		

4.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยนำเสนอข้อเสนอแนะ 3 ประการดังนี้

1) เพิ่มสัดส่วนงบดิจิทัลและนวัตกรรมจากร้อยละ 6.9 เป็นอย่างน้อยร้อยละ 12 ภายในปีงบประมาณ พ.ศ. 2571 โดยปรับลดสัดส่วนงบโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพที่เกินสัดส่วน
2) การพัฒนาแผนปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมดิจิทัลแบบบูรณาการที่ครอบคลุมตัวชี้วัดพื้นที่สีเขียว คุณภาพอากาศ และพลังงานทดแทนให้สอดคล้องกับมาตรฐาน WHO
3) การสร้าง Open Data Platform สำหรับการมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการงบประมาณ พร้อมระบบรับเรื่องร้องเรียนดิจิทัลที่ใช้งานง่ายสำหรับทุกกลุ่มอายุ

5. การอภิปรายผล

5.1 คะแนนประเมินระดับความน่าอยู่อัจฉริยะของเทศบาลกรณีศึกษาใน 5 มิติ ด้านการแสดงศักยภาพและข้อจำกัดในบริบทเมืองกำลังพัฒนา

ผลการประเมินที่ได้คะแนนรวม 3.15 สอดคล้องกับข้อค้นพบของ Pongruengkiat et al. (2023) ที่พบว่าเมืองขนาดกลางในประเทศกำลังพัฒนามักได้คะแนนประเมินด้านการประเมินเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ อยู่ในช่วง 2.80–3.40 อันสะท้อนสถานะของเมืองในระยะเปลี่ยนผ่านที่มีโครงสร้างพื้นฐานบางส่วนแต่ยังขาดการบูรณาการเชิงระบบสำหรับคะแนนมิติคุณภาพชีวิตที่สูงที่สุดที่ได้ระดับ 3.50 เป็นผลจากการที่เทศบาลกรณีศึกษาลงทุนในระบบสุขภาพดิจิทัลและบริการสังคมอย่างต่อเนื่องหลายปี ซึ่งสอดรับกับ Taweesaengsakulthai et al. (2019) ที่ยืนยันว่าบริการดิจิทัลด้านสุขภาพเป็นมิติที่ประชาชนรับรู้และพึงพอใจได้ชัดเจนที่สุด

ในทางกลับกัน คะแนนมิติสิ่งแวดล้อม (2.75) สะท้อนข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่ลึกกว่าการขาดงบประมาณ Worrakittimalee & Phothiyarach (2024) ชี้ว่าเมืองเก่าที่มีการควบคุมผังเมืองเข้มงวดมักพบข้อจำกัดด้านที่ดินสำหรับพื้นที่สีเขียว ในกรณีเมืองกรณีศึกษา การอนุรักษ์พื้นที่คูเมืองและบริเวณโดยรอบมีความสำคัญทางกฎหมายและวัฒนธรรม ซึ่งจำกัดการพัฒนาพื้นที่สีเขียวเพิ่มเติมในรูปแบบเดิม การแก้ปัญหาจึงต้องอาศัยแนวทางสร้างสรรค์ เช่น สวนแนวตั้งและหลังคาเขียวที่ไม่กระทบต่อลักษณะทางสถาปัตยกรรม

5.2 ความไม่สอดคล้องงบประมาณ

ปัญหาเชิงโครงสร้างที่ต้องแก้ไขในระดับนโยบาย การจัดสรรงบดิจิทัลที่ร้อยละ 6.9 เผยให้เห็นความไม่สอดคล้องที่ Thesari et al. (2021) เรียกว่า ช่องว่างระหว่างงบประมาณดิจิทัล (Digital budget gap) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พบบ่อยในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไทย กล่าวคือ แผนนโยบายมีการระบุยุทธศาสตร์ดิจิทัลไว้อย่างชัดเจน แต่เมื่อถึงขั้นตอนการจัดทำงบประมาณกลับไม่สามารถแปลงวิสัยทัศน์ไปสู่การจัดสรรทรัพยากรได้อย่างสมส่วน สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือโครงสร้างงบประมาณเดิมที่เน้นงานก่อสร้างและโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพซึ่งมีกรอบงบฯ ประจำที่ตายตัวและปรับลดได้ยาก

Makkonen & Inkinen (2024) เสนอว่าเทศบาลที่จัดสรรงบสารสนเทศทางดิจิทัล ต่ำกว่าร้อยละ 10 มีแนวโน้มติดกับดักในวงจรการซ่อมบำรุงระบบเดิมโดยไม่สามารถยกระดับสู่บริการดิจิทัลใหม่ได้ Prateeppornnarong (2025) แนะนำให้นำ participatory budgeting มาเป็นเครื่องมือกดดันทางประชาธิปไตยให้เกิดการปรับสมดุลงบประมาณ เนื่องจากประชาชนในเมืองขนาดกลางที่มีการศึกษาสูงอย่างเมืองกรณีศึกษามีความพร้อมสำหรับกระบวนการดังกล่าว

5.3 การท่องเที่ยวมรดกวัฒนธรรม ดิจิทัล และการกระจายผลประโยชน์

จุดแข็งที่โดดเด่นของกรณีศึกษาคือทุนมรดกวัฒนธรรมที่มีศักยภาพสูงในการบูรณาการกับดิจิทัล Somnuxpong et al. (2024) พบว่าการใช้เทคโนโลยี AR/VR และแอปพลิเคชันนำทางในย่านประวัติศาสตร์ไม่เพียงเพิ่มคุณค่าประสบการณ์ผู้เยี่ยมเยือน แต่ยังช่วยกระจายนักท่องเที่ยวออกจากจุดท่องเที่ยวหลักที่หนาแน่นเกินไป ส่งผลดีต่อการอนุรักษ์โบราณสถานในระยะยาว

อย่างไรก็ดี Moolngearn & Srabua (2024) เตือนว่าการพัฒนาดิจิทัลที่เร็วเกินไปโดยไม่มีมาตรการคุ้มครองผู้ประกอบการรายย่อยและชุมชนท้องถิ่นอาจนำไปสู่การกระจุกตัวของรายได้ในมือแพลตฟอร์มขนาดใหญ่ Punyathong (2025) แนะนำให้ออกแบบนโยบาย digital tourism ที่กำหนดสัดส่วนรายได้ขั้นต่ำสำหรับชุมชนท้องถิ่นและสนับสนุน micro-entrepreneurs ให้เข้าถึงช่องทางดิจิทัลได้โดยตรง ซึ่งเป็นทิศทางที่สอดคล้องกับข้อเสนอแนะที่ 3 ของการวิจัยครั้งนี้

6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเทศบาลกรณีศึกษามีศักยภาพการพัฒนาเมืองอัจฉริยะน่าอยู่ในระดับปานกลาง (SLCS = 3.15/5.00) โดยมีจุดแข็งในมิติคุณภาพชีวิตและโครงสร้างพื้นฐาน แต่ต้องการการพัฒนาเร่งด่วนในมิติสิ่งแวดล้อมและธรรมาภิบาลดิจิทัล ผลการวิเคราะห์งบประมาณเผยให้เห็นความไม่สอดคล้องเชิงโครงสร้างที่ต้องได้รับการแก้ไขในระดับนโยบายการจัดทำงบประมาณ โดยงบดิจิทัล ร้อยละ 6.9 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควรจะเป็นเกือบเท่าตัว ข้อค้นพบเหล่านี้มีนัยสำคัญสำหรับการปรับทิศทางนโยบายในการจัดทำแผนพัฒนาเทศบาล ฉบับถัดไปและงบประมาณปี พ.ศ. 2571 เป็นต้นไป การวิจัยในอนาคตควรเสริมด้วยการสำรวจความพึงพอใจประชาชนและการสังเกตการณ์ภาคสนาม เพื่อตรวจสอบว่านโยบายที่ประกาศไว้ได้รับการนำไปปฏิบัติจริงมากน้อยเพียงใด และการเปรียบเทียบกับเทศบาลนครอื่นจะช่วยให้เกิดบทเรียนที่นำไปใช้ได้ในวงกว้าง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาต้นแบบเมืองแห่งการเรียนรู้ระดับย่านผ่านพื้นที่การเรียนรู้โดยการมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้ทำงานดิจิทัลแบบไม่ยึดติดกับสถานที่เพื่อขับเคลื่อนเมืองอัจฉริยะในพื้นที่ย่านสันป่าข่อย–วัดเกต จังหวัดเมืองกรณีศึกษา

ดำเนินการภายใต้ โครงการ “การบ่มเพาะและเร่งรัดกระบวนการเพื่อยกระดับเมืองที่มีศักยภาพสูงมุ่งสู่เมืองน่าอยู่ที่ชาญฉลาด” สนับสนุนโดย กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานเร่งรัดการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มความสามารถการแข่งขันและการพัฒนาพื้นที่ (องค์การมหาชน) โดยหน่วยบริหารจัดการทุนด้านการพัฒนาพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). SAGE.

Irvine, T. (2022). The Smart Livable City Scoring (SLCS) framework: Integrating liveability and smartness dimensions for emerging urban economies. Journal of Urban Technology, 29(2), 45–68. https://doi.org/10.1080/10630732.2021.1979887

Makkonen, T., & Inkinen, T. (2024). ICT investment and public service efficiency in Nordic municipalities: A panel data analysis. Local Government Studies, 50(1), 120–142. https://doi.org/10.1080/03003930.2023.2173291

Makkonen, T., & Inkinen, T. (2024). Smart city transitions in mid-sized municipalities: A Nordic perspective. Journal of Urban Affairs, 46(3), 412–430. https://doi.org/10.1080/07352166.2023.2200145

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2020). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (4th ed.). SAGE.

Moolngearn, S., & Srabua, P. (2024). Smart city adoption in ASEAN tourism cities: Comparative case studies from Thailand, Malaysia, and Vietnam. Asian Geographer, 41(1), 15–38. https://doi.org/10.1080/10225706.2023.2198567

Pongruengkiat, W., Chaiyasit, N., & Buathong, K. (2023). Adapting smart city indicators for developing-country contexts: Evidence from Thai secondary cities. Urban Policy and Research, 41(3), 223–241. https://doi.org/10.1080/08111146.2023.2215432

Prateeppornnarong, D. (2025). Participatory budgeting and digital governance in Thai local governments: From policy design to implementation. Asian Politics & Policy, 17(1), 88–110. https://doi.org/10.1111/aspp.12698

Punyathong, P. (2025). Digital economy and heritage tourism: Balancing innovation and conservation in Chiang Mai's historic districts. International Journal of Heritage Studies, 31(1), 55–73. https://doi.org/10.1080/13527258.2024.2341205

Somnuxpong, S., Tancharoenwong, A., & Khunpet, W. (2024). Digital heritage interpretation and visitor experience in Chiang Mai's historic moat district. Journal of Heritage Tourism, 19(2), 180–198. https://doi.org/10.1080/1743873X.2023.2278345

Taweesaengsakulthai, S., Phetsri, O., & Chanphai, W. (2019). Digital health services in Thai municipal governments: Citizens' awareness and satisfaction. Asia Pacific Journal of Public Administration, 41(4), 245–261. https://doi.org/10.1080/23276665.2019.1689443

Thesari, S., Pitiyanuwat, S., & Sombatteera, S. (2021). Local government budgeting and digital transformation gaps in Thailand. Asian Journal of Political Science, 29(2), 145–163. https://doi.org/10.1080/02185377.2021.1893456

Worrakittimalee, S., & Phothiyarach, P. (2024). Digital inclusion in Thai local governance: Accessibility barriers for elderly and low-income residents. Government Information Quarterly, 41(1), Article 101878. https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101878

อิทธิพลของความสามารถด้านดิจิทัลของผู้ใช้รายงานทางการเงินต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน

สวัสดิ์ หากิน [1*] วรวิทย์ เลาหะเมทนี [2]

[1,2] สาขาการบัญชี คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50300

* E-mail sawad@rmult.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 089-9502456

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของของความสามารถด้านดิจิทัลของผู้ใช้รายงานทางการเงินต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินและความเป็นประโยชน์ของข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม กลุ่มประชากรคือกองทุนรวมในประเทศไทย และมีผู้จัดการกองทุนเป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ แบบสอบถามที่สมบูรณ์ครบถ้วนที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมีจำนวน 82 ฉบับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยสหสัมพันธ์พหุคูณ และการวิเคราะห์เส้นทาง ผลการศึกษาพบว่าความสามารถด้านดิจิทัลมีผลกระทบทางบวกต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (β = 0.275, $p < 0.01$) การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินมีผลกระทบทางบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (β = 0.221, $p < 0.05$) และความสามารถด้านดิจิทัลมีผลกระทบทางบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (β = 0.476, $p < 0.01$) ผลการวิจัยครั้งนี้ยืนยันในมุมมองของผู้ใช้รายงานทางการเงินว่า ความสามารถด้านดิจิทัลช่วยส่งเสริมการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้น เพื่อยกระดับการใช้ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินในการตัดสินใจ องค์กรสามารถนำผลการศึกษาครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านดิจิทัล เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ 1. ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน 2. ความสามารถด้านดิจิทัล 3. ผู้ใช้รายงานทางการเงิน

The Influence of Digital Capability of Financial Report Users on the Perceived Qualitative Characteristics and Usefulness of Non-Financial Information

Sawad Hakin [1*] Worawit Laohamethanee [2]

[1,2] Department of Accounting, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road, Mueang District, Chiang Mai 50300, Thailand

* E-mail sawad@rmult.ac.th, Tel. 089-9502456

Abstract

This study aims to examine the influence of digital capability of financial report users on the perceived qualitative characteristics and usefulness of non- financial information. Data were collected using a questionnaire administered and circulated to mutual funds in Thailand, with mutual fund managers as the key informants. A total of 82 completed questionnaires were used for data analysis. The data were analyzed using multiple correlation analysis and path analysis. The results indicate that digital capability has a positive effect on the perceived qualitative characteristics of non- financial information (β = 0.275, $p < 0.01$). The perceived qualitative characteristics of non-financial information positively affect its usefulness (β = 0.221, $p < 0.05$). In addition, digital capability has a direct positive effect on the usefulness of non-financial information (β = 0.476, $p < 0.01$). The findings confirm, from the perspective of financial report users, that digital capability enhances users' perceptions of the qualitative characteristics of non-financial information, thereby enabling them to utilize such information more effectively in decision-making. Accordingly, organizations that rely on financial reports may use these findings as a guideline for developing the digital capability of their personnel to strengthen their ability to effectively utilize non-financial information in decision-making.

Keywords: 1. Non-Financial Information 2. Digital Capability 3. Financial Report Users

บทนำ

การรายงานทางการเงิน (Financial Reporting) เป็นกลไกสำคัญในการสื่อสารข้อมูลของกิจการแก่ผู้ลงทุน เจ้าหนี้ และผู้มีส่วนได้เสีย เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงเศรษฐกิจ โดยข้อมูลในรายงานทางการเงินประกอบด้วยข้อมูลทางการเงิน (Financial Information) และข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (Non-Financial Information) ซึ่งเป็นการนำเสนอฐานะการเงิน ผลการดำเนินงาน กลยุทธ์ ความเสี่ยง การกำกับดูแล ความยั่งยืน และศักยภาพในการสร้างคุณค่าของกิจการในอนาคต ปัจจุบัน ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (Non-Financial Information) มีบทบาทสำคัญเพิ่มขึ้นโดยเป็นส่วนเสริมข้อมูลทางการเงินในการประเมินผลการดำเนินงาน ศักยภาพของกิจการและความสามารถในการสร้างคุณค่าในอนาคต ช่วยเพิ่มความโปร่งใส สนับสนุนการกำกับดูแลกิจการ อีกทั้งยังช่วยสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้มีส่วนได้เสีย และเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของกิจการในสายตาของนักลงทุน (Bek-Gaik et al., 2024; Maama et al., 2021; Bocancia et al., 2020; ณัฐภัทร เทพรักษ์ และคณะ., 2565) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มนักลงทุนสถาบัน เช่น กองทุนรวม (Mutual Funds) ที่ต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า ความเสี่ยงรอบด้าน และโอกาสเติบโตในระยะยาว เพื่อจัดสรรเงินลงทุนและสร้างผลตอบแทนสูงสุดแก่ผู้ถือหน่วยลงทุน (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2568) ทั้งนี้ ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลที่นำเสนอมีลักษณะเชิงคุณภาพที่เหมาะสม กล่าวคือ ข้อมูลควรมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ มีสาระสำคัญ และได้รับการนำเสนออย่างทันเวลา (สภาวิชาชีพบัญชีในพระบรมราชูปถัมภ์, 2563)

การพัฒนาของเทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ ทำให้รูปแบบการดำเนินงาน การติดต่อสื่อสารและการจัดการข้อมูลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลให้ข้อมูลทางธุรกิจมีปริมาณเพิ่มขึ้น มีความหลากหลายและมีความซับซ้อนมากขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางธุรกิจดังกล่าว กระบวนการรายงานทางการเงินได้มีการพัฒนาโดยนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล ทำให้สามารถรวบรวมและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และทันต่อเวลา รวมทั้งสนับสนุนการนำเสนอและเปิดเผยข้อมูลทั้งทางการเงินและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ (ราชิต ไชยรัตน์, 2562) แนวคิดดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในงานวิจัยหลายฉบับ โดยการศึกษาของ Miaoquan et al. (2023) พบว่าการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลในการดำเนินงานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความทันต่อเวลาของการประมวลผลและการรายงานข้อมูลทางการเงินรวมทั้งส่งเสริมการทำงานร่วมกันภายในองค์กร การศึกษาของ Zhou et al. (2026) พบว่าการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (Digital Transformation) โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในกระบวนการทางธุรกิจ ช่วยยกระดับคุณภาพข้อมูลทางการบัญชีผ่านการเพิ่มความโปร่งใส ลดความไม่แน่นอน และลดความไม่สมมาตรของข้อมูล ส่งผลให้ข้อมูลที่เปิดเผยมีคุณภาพและสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้ข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น Wang et al. (2026) รายงานว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการรวบรวม วิเคราะห์ ประมวลผล และนำเสนอข้อมูล ช่วยยกระดับคุณภาพการเปิดเผยข้อมูล โดยทำให้ข้อมูลมีความโปร่งใส ความเข้าใจได้ ความน่าเชื่อถือ และความทันต่อเวลา รวมทั้งสนับสนุนการเปิดเผยข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการศึกษาของ Lata et al. (2021) พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านระบบสารสนเทศทางการบัญชีภายใต้

ERP ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวม ประมวลผล และเชื่อมโยงข้อมูลทั้งทางการเงินและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน ส่งผลให้ข้อมูลมีคุณภาพในด้านความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ ความน่าเชื่อถือ ความครบถ้วน ความทันต่อเวลา ความสามารถในการตรวจสอบ และการเข้าถึงข้อมูล

งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในองค์กรกับคุณภาพการรายงานทางการเงิน โดยศึกษาจากมุมมองของผู้จัดทำสารสนเทศเป็นหลัก ส่วนการศึกษาครั้งนี้มุ่งต่อยอดองค์ความรู้โดยศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวจากมุมมองของผู้ใช้ข้อมูล เพื่ออธิบายผลของความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินและความเป็นประโยชน์ของข้อมูล โดยความสามารถด้านดิจิทัลในการศึกษานี้ หมายถึง ความสามารถขององค์กรในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการดำเนินงาน โดยบูรณาการช่องทางดิจิทัลในการติดต่อสื่อสาร และการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ตลอดจนการพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลและการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกันภายในองค์กร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานโดยรวม (ชัยทวี เสนะวงศ์, 2563 ; จันทร์จิรา เหล่าราช, 2564; Soule et al., 2016) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาอิทธิพลของความสามารถด้านดิจิทัลของผู้ใช้รายงานทางการเงินต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน เพื่อเป็นการขยายองค์ความรู้ด้านการบัญชีดิจิทัลและเป็นแนวทางให้องค์กรพัฒนาศักยภาพด้านดิจิทัลเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินในรายงานทางการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

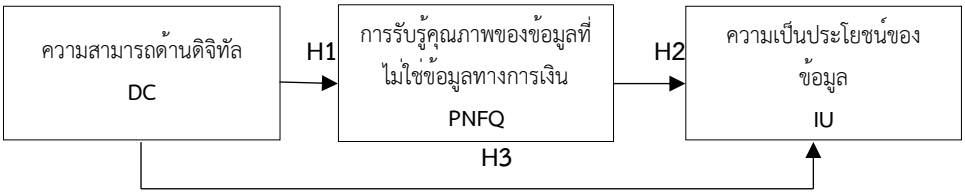
1. เพื่อศึกษาผลกระทบของความสามารถด้านดิจิทัลต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของความสามารถด้านดิจิทัลต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีฐานทรัพยากร (Resource-Based View: RBV)

ทฤษฎีฐานทรัพยากร (Resource-Based View: RBV) กล่าวถึงความสามารถในการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันอย่างยั่งยืนขององค์กรเกิดจากการบริหารและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่องค์กรมีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทรัพยากรดังกล่าวครอบคลุมทั้งสินทรัพย์ ความสามารถ กระบวนการดำเนินงาน ข้อมูลสารสนเทศ เทคโนโลยี ทักษะ และองค์ความรู้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างศักยภาพในการดำเนินงานขององค์กร (Barney et al., 2001) การศึกษานี้นำแนวคิดฐานทรัพยากรมาใช้ในการกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย โดย ความสามารถด้านดิจิทัล เป็นทรัพยากรเชิงกลยุทธ์ขององค์กรที่ช่วยสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและการจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน และส่งเสริมให้ข้อมูลเกิดประโยชน์ในการตัดสินใจ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

ความสามารถด้านดิจิทัล (Digital Capability)

แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านดิจิทัลได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและสร้างคุณค่าให้แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย Soule et al. (2016) เป็นผู้เสนอแนวคิด Digital Dexterity ซึ่งอธิบายถึงความสามารถขององค์กรในการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล บุคลากร และกระบวนการทำงาน เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการสร้างคุณค่าและยกระดับผลการดำเนินงานขององค์กร แนวคิดดังกล่าวได้รับการนำมาประยุกต์ใช้อธิบายในบริบทขององค์กรไทย โดย ชัยทวี เสนะวงศ์ (2563) ได้อธิบายถึงคุณลักษณะขององค์กรดิจิทัลที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการดำเนินงาน การสื่อสาร และการตอบสนองต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ จันทร์จิรา เหล่าราช (2564) ได้อธิบายถึงกระบวนการปรับเปลี่ยนองค์กรสู่ดิจิทัลซึ่งครอบคลุมการพัฒนากระบวนการทำงาน บุคลากร วัฒนธรรมองค์กร และการจัดการองค์ความรู้ เพื่อให้องค์กรสามารถใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสร้างคุณค่าและยกระดับประสิทธิภาพในการดำเนินงานได้อย่างยั่งยืน

เมื่อนำแนวคิดดังกล่าวมาพิจารณาในบริบทของผู้ใช้รายงานทางการเงิน โดยเฉพาะกองทุนรวม ซึ่งต้องอาศัยทั้งข้อมูลทางการเงินและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินประกอบการวิเคราะห์และตัดสินใจลงทุน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการดำเนินงานขององค์กรจึงมีส่วนสนับสนุนให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความสามารถด้านดิจิทัล (Digital Capability) ในการศึกษานี้หมายถึง ความสามารถขององค์กรในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการดำเนินงาน โดยบูรณาการช่องทางดิจิทัลในการติดต่อสื่อสาร และการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ตลอดจนการพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลและการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกันภายในองค์กร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานโดยรวม (ชัยทวี เสนะวงศ์,2563 ; จันทร์จิรา เหล่าราช, 2564; Soule et al., 2016)

การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (Perceived Qualitative Characteristics of Non-Financial Information)

ในการศึกษานี้ให้คำนิยามของ การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (Perceived Qualitative Characteristics of Non-Financial Information) หมายถึง การรับรู้ของผู้ใช้ข้อมูลต่อคุณลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน ประกอบด้วย ข้อมูลมีความเกี่ยวข้องตรงกับความต้องการของผู้ใช้ ข้อมูลมีสาระสำคัญและมีปริมาณข้อมูลที่เหมาะสม และข้อมูลได้รับการ

เปิดเผยอย่างทันเวลา เพื่อให้ผู้ใช้งบการเงินสามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สภาวิชาชีพบัญชีในพระบรมราชูปถัมภ์, 2563) แม้ว่ากรอบแนวคิดสำหรับการรายงานทางการเงิน จะกำหนดคุณลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลไว้ทั้งลักษณะเชิงคุณภาพพื้นฐานและลักษณะเชิงคุณภาพเสริม แต่งานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้คุณลักษณะเชิงคุณภาพครบทุกองค์ประกอบ แต่จะเลือกใช้เฉพาะองค์ประกอบที่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการศึกษา (Simona et al., 2022)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในองค์กรในบริบทของผู้จัดทำสารสนเทศ โดยพบว่าเทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพของข้อมูลและการรายงานทางการเงิน ดังนี้ การศึกษาของ Miaoquan et al. (2023) พบว่า การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการดำเนินธุรกิจในทุกมิติ ได้แก่ การประมวลผลแบบคลาวด์ การวิเคราะห์ข้อมูล ระบบอัตโนมัติ และการบูรณาการระบบซอฟต์แวร์ ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความถูกต้อง ความทันต่อเวลาของการรายงานและการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงิน และยังส่งเสริมให้เกิดการทำงานร่วมกันของบุคลากรในองค์กร การศึกษาของ Zhou et al. (2026) พบว่าการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (Digital Transformation) ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการดำเนินงาน ช่วยยกระดับคุณภาพของข้อมูลทางการบัญชีผ่านการเพิ่มความโปร่งใสของข้อมูล ลดความไม่แน่นอนในการดำเนินงาน และลดความไม่สมมาตรของข้อมูล ส่งผลให้ข้อมูลที่องค์กรเปิดเผยมีคุณภาพและตอบสนองต่อการตัดสินใจของผู้ใช้ข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น การศึกษาของ Wang et al. (2026) พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลพื้นฐานและเทคโนโลยีดิจิทัลอื่น ๆ ใน การรวบรวม วิเคราะห์ ประมวลผล และแบ่งปันข้อมูลช่วยยกระดับคุณภาพของการเปิดเผยข้อมูล โดยส่งเสริมให้ข้อมูลที่เปิดเผยมีความโปร่งใส ความเข้าใจได้ ความน่าเชื่อถือ และความทันต่อเวลา มากยิ่งขึ้น รวมทั้งสนับสนุนการเปิดเผยข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการศึกษาขอ Lata et al. (2021) แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านระบบสารสนเทศทางการบัญชีภายใต้ ERP ช่วยให้การรวบรวม ประมวลผล และเชื่อมโยงข้อมูลทั้งทางการเงินและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ข้อมูลมีคุณภาพในด้านความเกี่ยวข้อง ความน่าเชื่อถือ ความครบถ้วน ความทันเวลา ความสามารถในการตรวจสอบ และการเข้าถึงข้อมูล

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในองค์กรมีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพของรายงานทางการเงิน ด้านความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือ ความโปร่งใส ความครบถ้วน ความทันต่อเวลา และความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ แม้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาจากบริบทของผู้จัดทำสารสนเทศ แต่ข้อค้นพบดังกล่าวสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการต่อยอดการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรกับคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินในมุมมองของผู้ใช้ข้อมูลได้ ดั้งนั้น เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

H1: ความสามารถด้านดิจิทัลมีผลกระทบทางบวกต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน

ความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (Information Usefulness)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการรายงานข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินพบว่า ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้งบการเงิน โดยเป็นส่วนเสริมข้อมูลทางการเงินในการประเมินผลการดำเนินงาน ศักยภาพของกิจการ และความสามารถในการสร้างคุณค่าในอนาคต ช่วยเพิ่มความโปร่งใส สนับสนุนการกำกับดูแลกิจการ ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้กำหนดความหมายของความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (Information Usefulness) หมายถึง ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินซึ่งสามารถช่วยในการสนับสนุนการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานของกิจการ ส่งเสริมความโปร่งใสและการกำกับดูแลกิจการที่ดีเพื่อลดโอกาสของการกระทำที่ขัดต่อจริยธรรม ตลอดจนสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผู้ใช้งบการเงิน (Bek-Gaik et al., 2024; Maama et al., 2021; Bocancia et al., 2020; ณัฐภัทร เทพรักษ์ และคณะ., 2565)

การศึกษาของ Phornlaphatrachakorn et al. (2021) พบว่า การนำระบบดิจิทัลมาใช้ในกระบวนการทางบัญชี (Digital Accounting) ส่งผลเชิงบวกต่อคุณภาพของรายทางการเงินกับความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทางการบัญชี และผลการศึกษายังพบผลกระทบทางตรงของการนำระบบดิจิทัลมาใช้ในกระบวนการทางบัญชี (Digital Accounting) กับความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทางการบัญชีด้วย อีกทั้งได้อธิบายว่า การนำระบบดิจิทัลมาใช้ในกระบวนการทางบัญชีเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของการรายงานทางการเงิน ได้แก่ ความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ ความมีสาระสำคัญ ความเข้าใจได้ ความสามารถในการเปรียบเทียบ ความสม่ำเสมอ ความน่าเชื่อถือ ความเป็นกลาง ความทันต่อเวลา และการสะท้อนสภาพเศรษฐกิจที่แท้จริง ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทางการบัญชี ทำให้ผู้มีส่วนได้เสียสามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การศึกษาของ Lata et al. (2021) พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านระบบสารสนเทศทางการบัญชีภายใต้ ERP ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวม ประมวลผล และเชื่อมโยงข้อมูลทั้งทางการเงินและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน ส่งผลให้ข้อมูลมีคุณภาพในด้านความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ ความน่าเชื่อถือ ความครบถ้วน ความทันต่อเวลา ความสามารถในการตรวจสอบ และการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรโดยช่วยสนับสนุนการวางแผน ประสานงาน การกำกับดูแล การประเมินผลการดำเนินงานโดยรวม

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการดำเนินงานขององค์กร ช่วยยกระดับคุณลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้อมูลเกิดความเป็นประโยชน์ และช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพดั้งนั้น จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

H2: การรับรู้คุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินมีผลกระทบทางบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล

H3: ความสามารถด้านดิจิทัลมีผลกระทบทางบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นด้านการตัดสินใจทางเศรษฐกิจโดยใช้ข้อมูลทางการบัญชี หนึ่งในผู้มีส่วนได้เสียที่สำคัญและเป็นผู้ใช้ข้อมูลในรายงานทางการเงินที่เป็นประชากรในการศึกษานี้ ได้แก่ กองทุนรวมในประเทศไทยของบริษัทหลักทรัพย์จัดการกองทุน 23 แห่ง จำนวน 2,883 กองทุน (บริษัท เซ็ทเทรด ดอท คอม จำกัด. (2566) เนื่องจากกองทุนรวมเป็นผู้ลงทุนสถาบันที่มีบทบาทสำคัญในตลาดทุน โดยบุคคลที่มีส่วนสำคัญในการบริหารและตัดสินใจด้านการลงทุนคือ ผู้จัดการกองทุน จึงถือเป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informant)

ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณด้วยสูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Yamane, 1973 อ้างใน Kaiyawan, 2018) ได้จำนวน 351 กองทุน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Sampling) โดยแบ่งชั้นตามบริษัทหลักทรัพย์จัดการกองทุนทั้ง 23 แห่งและกำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละชั้นตามสัดส่วนของจำนวนกองทุนรวมของแต่ละบริษัท จากนั้นคัดเลือกกองทุนรวมภายในแต่ละชั้นภูมิด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเป็นแบบสอบถามวัดความสามารถด้านดิจิทัล การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของข้อมูลโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือคำนิยาม (IOC) อยู่ระหว่าง 0.89–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Turner & Carlson, 2003)

แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ในการตรวจสอบความเที่ยงตรง ซึ่งค่า Factor Loading ของแบบสอบถามแต่ละตัวแปรอยู่ระหว่าง 0.804 -0.967 ซึ่งค่ามากกว่า 0.7 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Hair et al, 2010) ส่วนการตรวจสอบความเชื่อมั่น ทดสอบโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach Alpha Coefficient) โดยค่าอยู่ระหว่าง 0.725-0.950 ซึ่งค่ามากกว่า 0.7 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Nunnally & Bernstein, 1994) ดังนั้นแบบสอบถามซึ่งเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษานี้มีความเหมาะสม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจัดส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ไปยังกองทุนรวมที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 351 ฉบับ และได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์กลับคืนจำนวน 82 ฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 23.36 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Aaker et al., 2001)

ทั้งนี้ Hair et al. (2010) เสนอว่า ความเพียงพอของขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองเชิงโครงสร้างสามารถพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างจำนวนตัวอย่างต่อจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า โดยแนวปฏิบัติที่ใช้กันทั่วไปคือควรมีจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 5-10 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและมีจำนวนตัวแปรไม่มาก

ในการศึกษาครั้งนี้ แบบจำลองมีพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่ารวม 6 พารามิเตอร์ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน และผู้วิจัยตีความผลการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) ภายใต้กรอบของการศึกษาเชิงสำรวจ (Exploratory) จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 82 ตัวอย่างคิดเป็นอัตราส่วน 13.6:1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่แนะนำ จึงสามารถสรุปได้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความเพียงพอสำหรับการประมาณค่าแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคุณ (Multiple Correlation) และการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) ในการทดสอบความสัมพันธ์และอิทธิพลของตัวแปรตามสมมุติฐานตามกรอบแนวคิดการวิจัย

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร พบว่าความสามารถด้านดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (0.260, $p < 0.05$) การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ ความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (0.379, $p < 0.01$) และความสามารถด้านดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (0.584, $p < 0.01$) ดังรายละเอียดแสดงตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	S.D.	DC	PNFQ	IU
1. ความสามารถด้านดิจิทัล (DC)	4.179	0.547	1	0.260**	0.584***
2. การรับรู้คุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (PNFQ)	4.781	0.328	0.260**	1	0.379***
3. ความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (IU)	4.281	0.678	0.584***	0.379***	1

***p<0.01, **p<0.05

ผลการวิเคราะห์เส้นทางแสดงให้เห็นว่า ความสามารถด้านดิจิทัลมีผลกระทบทางบวกต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน (β = 0.275, $p < 0.01$) การรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินมีผลกระทบทางบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (β = 0.221, $p < 0.05$) และความสามารถด้านดิจิทัลมีผลกระทบทางบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล (β = 0.476, $p < 0.01$) ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานงานวิจัยทั้ง 3 ข้อ โดยภาพรวม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความสามารถด้านดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยอิทธิพลทางอ้อมเกิดขึ้นผ่านการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินในฐานะตัวแปรส่งผ่านโดยมีค่าผลกระทบโดยรวม (Total effect) β= 0.537 ดังรายละเอียดแสดงตาม ตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เส้นทาง และการทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย

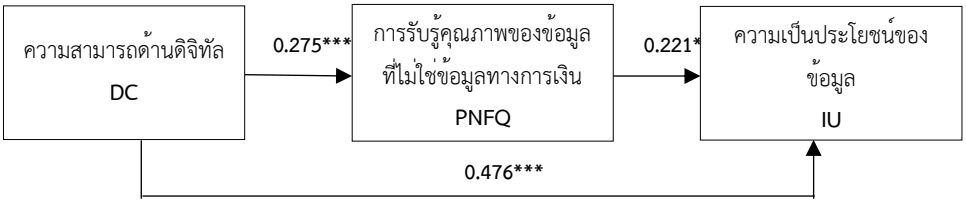
สมมติฐาน	เส้นทางอิทธิพล	Standardized Regression Weights	*t*-value	สมมติฐานความสัมพันธ์	ผลการทดสอบสมมติฐาน
H1	DC → PNFQ	0.275***	2.579	มีผลกระทบทางบวก	ยอมรับ
H2	PNFQ → IU	0.221**	2.340	มีผลกระทบทางบวก	ยอมรับ

H3	DC → IU	0.476***	5.039	มีผลกระทบทางบวก	ยอมรับ

***p<0.01, **p<0.05

ผลการการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลในงานวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จากค่าดัชนีตรวจสอบความกลมกลืน GFI, NFI, IFI และ CFI โดยค่าความกลมกลืนควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.9 (Byrne, 1998) ซึ่งค่าสถิติที่ได้จากการศึกษานี้ ค่า GFI = 1.00 ค่า NFI = 1.00 ค่า IFI = 1.00 และ ค่า CFI = 1.00 ทั้งหมดผ่านเกณฑ์ ดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 2 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า โมเดลในงานวิจัยตามกรอบแนวคิดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

อย่างไรก็ตาม ค่าดัชนีความกลมกลืนที่มีค่าเท่ากับ 1.00 ทุกตัวอาจเป็นผลมาจากลักษณะของแบบจำลองที่มีจำนวนตัวแปรและพารามิเตอร์ไม่มาก ประกอบกับขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างจำกัด จึงมีความเป็นไปได้ที่แบบจำลองจะมีลักษณะเป็น Saturated Model ส่งผลให้ค่าดัชนีความกลมกลืนมีค่าสูงมาก ดังนั้น การแปลผลการวิเคราะห์จึงพิจารณาร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางและนัยสำคัญทางสถิติ ภายใต้กรอบการตีความผลการวิเคราะห์เชิงสำรวจ (Exploratory) ที่กำหนดไว้ในการศึกษาครั้งนี้



***p<0.01, **p<0.05; GFI: 1.00, NFI: 1.00, IFI: 1.00, CFI: 1.00

ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์เส้นทาง

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของความสามารถด้านดิจิทัลของผู้ใช้รายงานทางการเงินต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินและความเป็นประโยชน์ของข้อมูล การอภิปรายผลจะเป็นไปตามลำดับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนดไว้ในกรอบแนวคิดของการวิจัย โดยเริ่มจากความสามารถด้านดิจิทัลต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน จากนั้นอภิปรายบทบาทของการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล และปิดท้ายด้วยการอภิปรายผลกระทบทางตรงของความสามารถด้านดิจิทัลต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้เห็นกลไกความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละส่วนอย่างเป็นลำดับและเชื่อมโยงกับผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า ความสามารถด้านดิจิทัลของผู้ใช้รายงานทางการเงินในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการดำเนินงาน การพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลและการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกันภายในองค์กร ช่วยเพิ่มการรับรู้และเข้าใจถึงลักษณะเชิงคุณภาพด้านความเกี่ยวข้อง ความมีสาระสำคัญ และความทันเวลาของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Miaoquan et al. (2023) และ Zhou et al. (2026) ที่พบว่า การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลและการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (Digital Transformation) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล ทั้งด้านการรวบรวม ประมวลผล วิเคราะห์ และการรายงานข้อมูล ส่งผลให้ข้อมูลมีความถูกต้อง โปร่งใส และทันต่อเวลามากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดความไม่สมมาตรของข้อมูลและความไม่แน่นอนในการดำเนินงาน ทำให้ข้อมูลที่องค์กรเปิดเผยมีคุณภาพ

สูงขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2026) พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยยกระดับคุณภาพของการเปิดเผยข้อมูล โดยทำให้ข้อมูลมีความโปร่งใส ความเข้าใจได้ ความน่าเชื่อถือ และความทันต่อเวลาเพิ่มขึ้น รวมทั้งสนับสนุนการเปิดเผยข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การศึกษาของ Lata et al. (2021) ยังพบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านระบบสารสนเทศทางการบัญชีภายใต้ ERP ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวม ประมวลผล และเชื่อมโยงข้อมูลทั้งทางการเงินและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน ส่งผลให้ข้อมูลมีคุณภาพในด้านความเกี่ยวข้อง ความน่าเชื่อถือ ความครบถ้วน ความทันเวลา ความสามารถในการตรวจสอบ และการเข้าถึงข้อมูล

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในองค์กรมีส่วนสำคัญในการยกระดับคุณภาพของข้อมูลในรายงานทางการเงิน ซึ่งเมื่อข้อมูลมีคุณภาพที่ดีย่อมทำให้ข้อมูลมีความเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้มากขึ้น จากผลการศึกษาพบว่า การรับรู้และเข้าใจของผู้ใช้รายงานทางการเงินถึงลักษณะเชิงคุณภาพด้านความเกี่ยวข้อง ความมีสาระสำคัญ และความทันเวลาของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินจะสามารถช่วยในการสนับสนุนการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานของกิจการ ส่งเสริมความโปร่งใสและการกำกับดูแลกิจการที่ดีเพื่อลดโอกาสของการกระทำที่ขัดต่อจริยธรรม ตลอดจนสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ขององค์กร สอดคล้องกับการศึกษาของ Phornlaphatrachakorn et al. (2021) พบว่า การนำระบบดิจิทัลมาใช้ในกระบวนการทางบัญชี (Digital Accounting) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของการรายงานทางการเงิน ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทางการบัญชี ทำให้ผู้มีส่วนได้เสียสามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Lata et al. (2021) ที่พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านระบบสารสนเทศทางการบัญชีภายใต้ ERP ส่งผลให้ข้อมูลมีคุณภาพ ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรโดยช่วยสนับสนุนการวางแผน ประสานงาน การกำกับดูแล การประเมินผลการดำเนินงานโดยรวม

ผลการศึกษายังพบว่า ความสามารถด้านดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกโดยตรงต่อความเป็นประโยชน์ของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงินซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ Phornlaphatrachakorn et al. (2021) ที่พบผลกระทบทางตรงของการนำระบบดิจิทัลมาใช้ในกระบวนการทางบัญชี (Digital Accounting) กับความเป็นประโยชน์ของข้อมูลทางการบัญชี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้ข้อมูลที่มีความสามารถด้านดิจิทัลสูงมีแนวโน้มที่จะสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อค้นพบจากผลการศึกษาครั้งนี้ช่วยสนับสนุนและต่อยอดองค์ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของความสามารถด้านดิจิทัลต่อคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของข้อมูล โดยงานวิจัยที่ผ่านมาให้ความสำคัญกับความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรผู้จัดทำรายงานในฐานะปัจจัยที่ช่วยยกระดับคุณภาพของการรายงานทางการเงินและการเปิดเผยข้อมูล ขณะที่การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรผู้ใช้รายงานทางการเงินก็เป็นทรัพยากรเชิงกลยุทธ์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้ลักษณะเชิงคุณภาพของข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลทางการเงิน และความเป็นประโยชน์ของข้อมูลในการตัดสินใจ ผลการศึกษาจึงสะท้อนให้เห็นว่า การสร้างคุณค่าให้กับข้อมูลในรายงานทางการเงินไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรผู้จัดทำเพียงด้านเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรผู้ใช้ในการทำความเข้าใจ ประเมิน และนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถอธิบายบทบาทของความสามารถด้านดิจิทัลได้ครอบคลุมทั้งมุมมองขององค์กรผู้จัดทำและองค์กรผู้ใช้รายงานทางการเงินมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ประโยชน์ของงานวิจัย

ผลการศึกษาครั้งนี้ช่วยขยายองค์ความรู้ด้านการบัญชีดิจิทัล และเพิ่มหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับบทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัลต่อการใช้ข้อมูลที่ไม่ใช้ข้อมูลทางการเงินในการตัดสินใจ อีกทั้งองค์กรสามารถนำผลการศึกษาครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านดิจิทัล เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้ข้อมูลที่ไม่ใช้ข้อมูลทางการเงินให้เป็นประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรนำมาพิจารณาประกอบการตีความผลการศึกษา ประการสำคัญคือ ข้อจำกัดด้านขนาดของกลุ่มตัวอย่าง แม้ผู้วิจัยจะได้รับแบบสอบถามกลับคืนมาจำนวน 82 ฉบับ ซึ่งเพียงพอต่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้น แต่สำหรับการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) ด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง ขนาดตัวอย่างดังกล่าวยังถือว่าค่อนข้างเล็ก (Kline, 2015; Hair et al., 2010) ข้อจำกัดนี้อาจส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดล (Fit Indices) ซึ่งในทางสถิติอาจเกิดจากปรากฏการณ์ความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (Artifact of small sample size) หรือการที่โมเดลมีข้อจำกัด (Saturated Model / Overfitting)

เอกสารอ้างอิง

จันทร์จิรา เหล่าราช. (2564). การปรับเปลี่ยนสู่ดิจิทัลและผลกระทบต่อองค์กร. *วารสารมนุษยศาสตร์สาร. 22*(1), 227-240.

ชัยทวี เสนะวงศ์. (2563). *คุณลักษณะของ Digital Organization*. สืบค้น 14 ธันวาคม 2565, จาก https://www.khonatwork.com

ณัฐภัทร เทพรักษ์, เอื้อบุญ เอกะสิงห์, วรพรรณ ตระการศิรินนท์, และวีระพงษ์ กิติวงค์ (2565). ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของการเปิดเผยข้อมูลตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่สอดคล้องกับกลุ่มอุตสาหกรรมกับมูลค่ากิจการของบริษัทในกลุ่มเซ็ต 100 ที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. *วารสารวิชาชีพบัญชี, 18*(59), 53-80.

บริษัท เซ็ทเทรด ดอท คอม จำกัด. (2566). *กองทุนรวม (Mutual Fund).* สืบค้นเมื่อ 4 เมษายน 2566, จาก https://www.settrade.com/th/mutualfund/overview.

ราชิต ไชยรัตน์. (2562). *บทบาทนักบัญชีในโลกอนาคตจากนักบัญชี สู่นักบัญชีนวัตกร*. สืบค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2569, จาก https://www.tfac.or.th/Article/Detail/126212

สภาวิชาชีพบัญชีในพระบรมราชูปถัมภ์. (2563). *กรอบแนวคิดสำหรับการรายงานทางการเงิน (ปรับปรุง 2563).* สืบค้น 21 กุมภาพันธ์ 2566, จาก https://www.tfac.or.th

สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์. (2568). *กองทุนรวม SRI มาตรฐานใหม่ของการลงทุนยั่งยืน.* สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2569, จาก https://www.sec.or.th

Aaker, D. A., Kumar, V., & Day, G. S. (2001). *Marketing Research*. New York: John Wiley&Sons.Inc.

Barney, J., Wright, M., & Ketchen Jr, D. J. (2001). The resource-based view of the firm: Ten years after 1991. *Journal of Management, 27*(6), 625-641.

Bek-Gaik, B., & Surowiec, A. (2024). Usefulness of non-financial information in assessing the company's economic and financial performance in Polish practice. *European Research Studies Journal, 27*(3), 233–250.

Bocancia, D. R., & Cozma, A. C. (2020). Non-financial reporting from the systematic literature review perspective. *Ovidius University Annals, Economic Sciences Series, 20*(2), 733–740.

Fiandrino, S., Gromis di Trana, M., Tonelli, A., & Lucchese, A. (2022). The multi-faceted dimensions for the disclosure quality of non-financial information in revising directive 2014/95/EU. *Journal of Applied Accounting Research. 23*(1), 274–300. doi: https://doi.org/10.1108/JAAR-04-2021-0118

Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. (2010). *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition. New York: Pearson.

Kaiyawan, Y. (2018). *Principles of Research Statistics and Use of SPSS Program*.5th Edition. Bangkok: Chulalongkorn University press.

Kline, R. B. (2015). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. Guildford Press.

Lata, P., & Lata, S. (2021). Accounting Information Systems Implementation under Enterprise Resource Planning (ERP) and Successful Decision- Making. *Academy of Strategic Management Journal. 20*(3), 1-15.

Maama, H., & Mkhize, M. (2021). Integration of non-financial information into corporate reporting: A theoretical perspective *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 24(2), 1–14.

Miaoquan, X., Wei Yu, K., Xuewen, L., Yi, W., Jun, Y., & Loang, O. K. (2023). The impact of digital transformation on financial reporting and analysis in the accounting industry. *International Journal of Accounting, Finance and Business (IJAFB), 8*(50), 324-336. https://doi.org/10.55573/IJAFB.085023.

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H., (1994). *Psychometric Theory*. New York: NY McGraw-Hill.

Phornlaphatrachakorn, K., & Na Kalasindhu, K. (2021). Digital Accounting, Financial Reporting Quality and Digital Transformation: Evidence from Thai Listed Firms. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business. 8*(8), 409–419.

Soule, D. L., Puram, A., Westerman, G. F., & Bonnet, D. (2016). Becoming a digital organization. *The journey to digital dexterity*. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=2697688.

Turner, R. C., & Carlson, L. (2003). Indexes of item-objective congruence for multidimensional items. *International Journal of Testing, 3*(2), 163–171.

Wang, C., & Yue, Z. (2024). Corporate Digital Transformation and Information Disclosure Quality: An Empirical Study from the Perspective of Information Effect. *Journal of Corporate Governance, Insurance, and Risk Management, 11*(4), 260-272. https://doi.org/10.56578/jcgirm110405

Zhou, B., Zhang, G., & Song, S. (2026). Digital transformation and accounting information quality: empirical evidence from China. *Asian Business & Management,25*, 266–293. https://doi.org/10.1057/s41291-026-00323-1

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ CRCi

ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

นฤชิต รักเลี้ยง[1], อาทิตย์ เกียรติเบญจพงศ์[1], ธิญาดา สร้อยทองพงศ์[1], ปราโมทย์ สิทธิจักร[2] และอลิลลาลี ศิริวิไลกรณ์[3*]

[1] สาขาการท่องเที่ยวและการโรงแรม คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

[2] สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

[3] สาขาการจัดการการโรงแรม คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*Corresponding Email : com12plu002@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 2) เปรียบเทียบความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจ และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล และ 3) ศึกษาแนวทางการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล การวิจัยใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้การสุ่มแบบสะดวก จำนวนทั้งสิ้น 201 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffé's Method) ผลการวิจัยพบว่า ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.27, S.D. = 0.77) โดยด้านการบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัลมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 3.56, S.D. = 0.71) ขณะที่ด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัลมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{x}$ = 2.98, S.D. = 0.84) ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า อายุ ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ ขนาดของธุรกิจ ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล งบประมาณด้านดิจิทัล และจำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล ส่งผลให้ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่เพศ ระดับการศึกษา และรูปแบบการให้บริการไม่ส่งผลต่อความแตกต่างดังกล่าว นอกจากนี้ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เสนอให้มีการพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลและระบบบริหารจัดการอัตโนมัติ เช่น ระบบจองห้องพัก ระบบเช็กอินออนไลน์ และระบบบริหารจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล การพัฒนาศักยภาพบุคลากร และการสนับสนุนการดำเนินธุรกิจดิจิทัล เป็นปัจจัยสำคัญต่อการยกระดับขีดความสามารถและความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจโฮสเทลอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: โฮสเทล; การท่องเที่ยว; การเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล

Capabilities of Hostel Businesses in the Digital Era in the Bangkok Metropolitan Area

Naruechit Rakliang[1], Athit Kiatbenjapong[1], Thinyada Sroithongphong[1], Pramote Sittijuk[2], and Alillalee Siriwilaikorn[3]*

[1] Department of Tourism and Hospitality, Faculty of Business Administration and Accounting, Phitsanulok University, Phitsanulok 65000, Thailand

[2] Department of Information Technology, Faculty of Business Administration and Accounting, Phitsanulok University, Phitsanulok 65000, Thailand

[3] Department of Hotel Management, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

*Corresponding E-mail: com12plu002@gmail.com

Abstract

This research aimed to: 1) examine the level of digital-era capabilities of hostel businesses in Bangkok Metropolitan Area; 2) compare differences in digital-era capabilities of hostel businesses according to entrepreneurs' personal factors, business characteristics, and digital business operation factors; and 3) investigate guidelines for developing digital-era capabilities of hostel businesses. This study employed a quantitative research approach combined with content analysis. The sample consisted of 201 hostel business operators in the Bangkok Metropolitan Area, selected using convenience sampling. The research instrument was a questionnaire. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, one-way analysis of variance (One-way ANOVA), and Scheffé's post hoc comparison method. The results revealed that the overall level of digital-era capabilities of hostel businesses in the Bangkok Metropolitan Area was at a moderate level ($\bar{x}$ = 3.27, S.D. = 0.77). Among the dimensions examined, digital management and innovation capability had the highest mean score ($\bar{x}$ = 3.56, S.D. = 0.71), whereas digital risk management and cybersecurity capability had the lowest mean score ($\bar{x}$ = 2.98, S.D. = 0.84). The hypothesis testing results indicated that age, business experience, business size, business operation period, level of

digital technology utilization, digital budget allocation, and the number of digital marketing channels significantly affected the digital-era capabilities of hostel businesses at the .05 level of significance. In contrast, gender, educational level, and service type did not significantly affect these capabilities. Furthermore, most respondents suggested the development of digital technologies and automated management systems, such as online reservation systems, online check-in systems, and customer relationship management (CRM) systems. The findings indicate that digital technology development, human resource capability enhancement, and support for digital business operations are crucial factors in improving the capabilities and competitiveness of hostel businesses in the digital era sustainably.

Keywords: capability development, hostel businesses in the Bangkok Metropolitan Area, digital era

1. บทนำ

การท่องเที่ยวถือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในด้านการสร้างรายได้ การจ้างงาน และการกระจายรายได้สู่ภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะธุรกิจที่พักซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการรองรับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศอย่างต่อเนื่อง การเติบโตของภาคการท่องเที่ยวส่งผลให้เกิดการพัฒนารูปแบบที่พักที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวที่มีพฤติกรรมและรูปแบบการเดินทางแตกต่างกัน ซึ่งธุรกิจโฮสเทล (Hostel Business) เป็นหนึ่งในรูปแบบที่พักที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ นักเดินทางอิสระ (Backpackers) และนักท่องเที่ยวที่เดินทางเพียงลำพัง (Solo Travelers) ซึ่งให้ความสำคัญกับความคุ้มค่า ความสะดวกในการเดินทาง และโอกาสในการพบปะแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้เดินทางคนอื่น ลักษณะเด่นของโฮสเทลคือการให้บริการที่พักในราคาประหยัด พร้อมพื้นที่ส่วนกลางที่เอื้อต่อการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เข้าพัก (ธิญาดา สร้อยทองพงศ์ และคณะ,2569) ส่งผลให้ธุรกิจประเภทนี้ได้รับความนิยมในเมืองท่องเที่ยวสำคัญ โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ การคมนาคม และการท่องเที่ยวของประเทศ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในยุคดิจิทัลได้ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการดำเนินธุรกิจอย่างมีนัยสำคัญ ธุรกิจโฮสเทลจำเป็นต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป นักท่องเที่ยวในปัจจุบันนิยมค้นหาข้อมูล เปรียบเทียบราคา จองที่พัก และแบ่งปันประสบการณ์ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลต่าง ๆ ดังนั้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการบริหารจัดการองค์กร การตลาดออนไลน์ การบริหารความสัมพันธ์กับลูกค้า และการวิเคราะห์ข้อมูลจึงกลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ รวมทั้งการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลได้กลายเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันได้ (Saadb et al.,2025) นอกจากการใช้เทคโนโลยีแล้ว ความสำเร็จของธุรกิจโฮสเทลยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในและภายนอกองค์กรหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นภาวะผู้นำของผู้บริหาร ความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ การสนับสนุนจากภาครัฐ ตลอดจนศักยภาพในการแข่งขันขององค์กร ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดและรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลไม่ได้ขึ้นอยู่กับการนำเทคโนโลยีมาใช้เพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการบูรณาการปัจจัยสำคัญหลายด้าน ได้แก่ ศักยภาพของผู้บริหารในการกำหนดทิศทางและขับเคลื่อนองค์กร ความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กรในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน คุณภาพบริการดิจิทัลที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการ การสร้างนวัตกรรมและความแตกต่างของบริการเพื่อเพิ่มคุณค่าแก่ลูกค้า ตลอดจน

ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและการเติบโตอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮสเทล

แม้ว่าธุรกิจโฮสเทลในกรุงเทพมหานครจะมีโอกาสเติบโตจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล แต่ผู้ประกอบการยังคงเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรง ความคาดหวังของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง และความจำเป็นในการพัฒนาศักยภาพขององค์กรให้สามารถสร้างคุณค่าที่แตกต่างจากคู่แข่งขัน ทั้งในด้านคุณภาพการบริการ ประสบการณ์ของลูกค้า และนวัตกรรมการให้บริการ (Ashraf et al., 2023; ยิ่งเจริญ บุญยัง และคณะ, 2568)

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนและสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยที่ผ่านมาให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านเทคโนโลยีดิจิทัล คุณภาพการบริการ หรือความสามารถในการแข่งขันแยกเป็นรายประเด็น หรือมุ่งศึกษาในธุรกิจโรงแรมและธุรกิจบริการโดยรวมเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่การศึกษาที่บูรณาการศักยภาพของผู้บริหาร ความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กร คุณภาพบริการดิจิทัล การสร้างนวัตกรรมและความแตกต่างของบริการ รวมถึงความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า เพื่ออธิบายการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในบริบทของกรุงเทพมหานครยังมีอยู่จำกัด จึงยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการยกระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลมากที่สุด ช่องว่างองค์ความรู้ดังกล่าว (Research Gap) จึงเป็นประเด็นที่การวิจัยครั้งนี้มุ่งเติมเต็ม โดยพัฒนาแบบจำลองที่อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยสำคัญดังกล่าว เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ในการยกระดับศักยภาพและความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจโฮสเทลในประเทศไทย

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยอาศัยกรอบแนวคิดที่บูรณาการ ศักยภาพของผู้บริหาร ความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กร คุณภาพบริการดิจิทัล การสร้างนวัตกรรมและความแตกต่างของบริการ และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า เพื่ออธิบายการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทล อันนำไปสู่การเสนอแนวทางในการยกระดับศักยภาพองค์กร เสริมสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและสนับสนุนการเติบโตอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล และองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ โดยในเชิงวิชาการ ผลการวิจัยจะช่วยขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล และพัฒนาแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยสำคัญ ซึ่งสามารถใช้เป็นกรอบอ้างอิงสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต ส่วนในเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยจะเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับผู้ประกอบการในการกำหนดกลยุทธ์ด้านการบริหาร การพัฒนาศักยภาพผู้บริหาร การยกระดับความสามารถด้านดิจิทัล การพัฒนาคุณภาพบริการ และการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบายและมาตรการส่งเสริมศักยภาพการแข่งขันของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทล

ขีดความสามารถ (Competency) หมายถึง การผสมผสานระหว่างความรู้ ทักษะ คุณลักษณะ และพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายและสร้างผลการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพ ในบริบทของธุรกิจโฮสเทล ขีดความสามารถสะท้อนถึงศักยภาพขององค์กรในการบริหารจัดการทรัพยากร การดำเนินงาน และการปรับตัวให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อันจะนำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนของกิจการ โดยขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลประกอบด้วย 4 ด้านสำคัญ ได้แก่ การวางแผนธุรกิจ การบริหารจัดการธุรกิจ การควบคุมความเสี่ยง และการปรับกลยุทธ์การตลาด ซึ่งล้วนมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จขององค์กรในระยะยาว ธุรกิจโฮสเทลเป็นรูปแบบหนึ่งของธุรกิจที่พักแรมที่มุ่งเน้นการให้บริการที่พักในราคาประหยัดแก่กลุ่มนักท่องเที่ยว โดยมีลักษณะเด่นคือการใช้พื้นที่ส่วนกลางร่วมกัน เช่น ห้องนอน ห้องน้ำ ห้องครัว และพื้นที่พักผ่อน เพื่อส่งเสริมการสร้างปฏิสัมพันธ์และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้เข้าพัก จุดเด่นของโฮสเทลอยู่ที่ความคุ้มค่า ความเป็นกันเอง และการมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของผู้ประกอบการ โดยสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ Hostelling International, Independent Hostel และ Boutique Hostel ปัจจุบันธุรกิจโฮสเทลยังคงมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากการเติบโตของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่ให้ความสำคัญกับประสบการณ์การเดินทางและความคุ้มค่าในการเข้าพักมากขึ้น

2.2 แนวคิดธุรกิจดิจิทัล

การตลาดดิจิทัล (Digital Marketing) หมายถึง กระบวนการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและช่องทางออนไลน์ในการสร้างคุณค่า สื่อสาร และสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า เพื่อให้สามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการส่งเสริมการขาย การสร้างการรับรู้ตราสินค้า และการรักษาความสัมพันธ์กับลูกค้าในระยะยาว การตลาดดิจิทัลช่วยให้องค์กรสามารถติดตามพฤติกรรมผู้บริโภค วิเคราะห์ข้อมูล และประเมินผลลัพธ์ของกิจกรรมทางการตลาดได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้สามารถปรับกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Chaffey & Ellis-Chadwick, 2019) เครื่องมือสำคัญของการตลาดดิจิทัลประกอบด้วย การตลาดผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Marketing) การตลาดเชิงเนื้อหา (Content Marketing) การตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Marketing) และการใช้สื่อดิจิทัลรูปแบบต่าง ๆ เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของผู้บริโภคและสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจซื้อ (Kotler et al., 2021) ดังนั้น การตลาดดิจิทัลจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารทางการตลาด สร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน และส่งเสริมการเติบโตของธุรกิจในระยะยาว

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

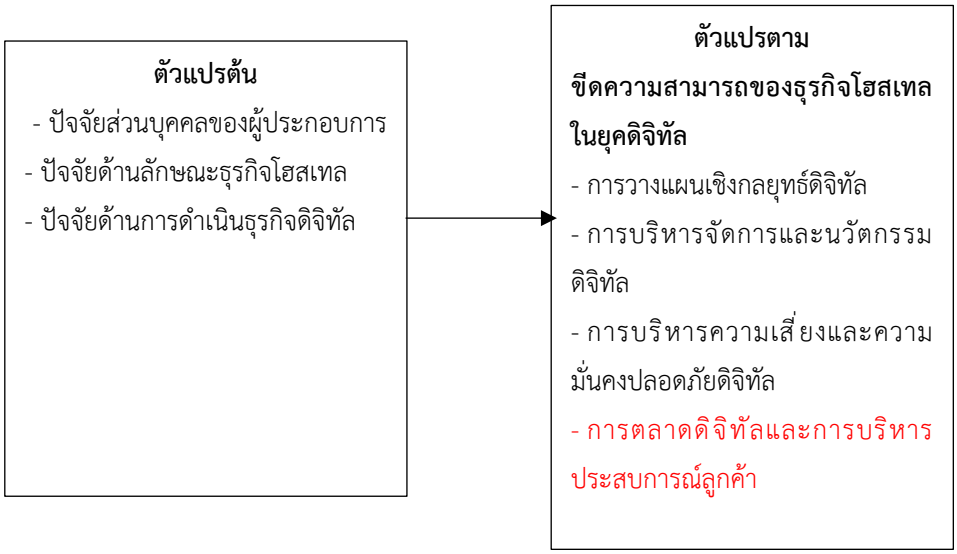
สรัลรัส ถีระแก้ว และคณะ (2568) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารธุรกิจภัตตาคารเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในยุคดิจิทัล โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน ทั้งการวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ผลการศึกษาพบว่า ศักยภาพของผู้บริหารธุรกิจภัตตาคารสามารถจำแนกได้เป็น 2 มิติหลัก ได้แก่ มิติด้านการเป็นผู้บริหารและมิติด้านการบริหาร ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ เช่น ความรู้และความสามารถของผู้บริหาร ภาวะผู้นำ มนุษยสัมพันธ์ การจัดการธุรกิจ การบริหารทรัพยากรมนุษย์ การบริหารการเงิน และการบริหารความสำเร็จขององค์กร ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าความสามารถของผู้บริหารในการบริหารจัดการ การปรับตัว และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจในยุคดิจิทัล ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานครได้

Jaroensuk (2025) ได้ศึกษาปัจจัยแห่งความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจโรงแรมสมัยใหม่โดยใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review: SLR) จากฐานข้อมูลวิชาการระดับนานาชาติ ผลการศึกษาพบว่า ผู้ประกอบการที่ประสบความสำเร็จในธุรกิจโรงแรมมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ การมีแนวคิดด้านดิจิทัล ความสามารถด้านนวัตกรรม การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์บนพื้นฐานข้อมูล และภาวะผู้นำที่มีวิสัยทัศน์และจริยธรรม นอกจากนี้ ยังพบว่ากลยุทธ์ที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ได้แก่ การออกแบบประสบการณ์ลูกค้าเฉพาะบุคคล การใช้การตลาดดิจิทัล การประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติ และการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน โดยผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดล DIGIPERSE ซึ่งประกอบด้วยการเสริมสร้างศักยภาพด้านดิจิทัล การออกแบบประสบการณ์ลูกค้า และการสร้างประสบการณ์ที่หลากหลายให้แก่ผู้รับบริการ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการสร้างประสบการณ์ที่แตกต่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของธุรกิจบริการ และสามารถนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการศึกษาการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กนกพร ศรีวิชัย และอัจฉรา เมฆสุวรรณ (2569) ได้ศึกษาผลกระทบของคุณภาพบริการดิจิทัลที่มีต่อความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจโรงแรมระดับ 3 ดาวในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพบริการดิจิทัลในด้านการให้บริการลูกค้าออนไลน์ ประสบการณ์การเข้าพัก ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว รวมถึงการตอบสนองและความยืดหยุ่น ล้วนมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจโรงแรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะมิติด้านความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวที่มีอิทธิพลสูงสุด ผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาคุณภาพบริการดิจิทัลและการสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจที่พักในยุคดิจิทัล

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลควรให้ความสำคัญกับปัจจัยหลัก ได้แก่ ศักยภาพของผู้บริหาร ความสามารถด้านดิจิทัลขององค์กร คุณภาพบริการดิจิทัล การสร้างนวัตกรรมและความแตกต่างของบริการ ตลอดจนความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและการเติบโตอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

โดยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้ง คือ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยจากการสำรวจข้อมูลธุรกิจโฮสเทลในกรุงเทพมหานคร พบว่ามีธุรกิจโฮสเทลที่ดำเนินกิจการอยู่ทั้งสิ้นจำนวน 404 แห่ง ซึ่งใช้เป็นกรอบประชากรในการวิจัยครั้งนี้

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ ผู้ประกอบการธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ร้อยละ 5 ซึ่งคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 201 คน จากนั้นใช้

วิธีการสุ่มแบบสะดวก โดยกำหนดคุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลว่า ต้องเป็นผู้ประกอบการ เจ้าของกิจการ ผู้บริหาร หรือบุคลากรที่ปฏิบัติงานในธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และมีประสบการณ์หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานหรือการบริหารธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 การสร้างแบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล

ตอนที่ 2 ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล ประกอบด้วยประเด็นคำถาม 4 ด้าน ได้แก่ การวางแผนเชิงกลยุทธ์ดิจิทัล การบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัล การบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัล และการตลาดดิจิทัลและการบริหารประสบการณ์ลูกค้า โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert ดังนี้ 5 หมายถึง มีขีดความสามารถมากที่สุด 4 หมายถึง มีขีดความสามารถมาก 3 หมายถึง มีขีดความสามารถปานกลาง 2 หมายถึง มีขีดความสามารถน้อย และ 1 หมายถึง มีขีดความสามารถน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและแนวทางในการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล ตามแนวคิดขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล คลอบคลุมตัวแปรทั้ง 4 ด้าน ที่ได้กำหนดไว้ โดยเป็นคำถามแบบปลายเปิด

3.2.2 การตรวจทานคุณภาพของแบบสอบถาม

1. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านการบริหารธุรกิจ การท่องเที่ยว และการวิจัย จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย โดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการตรวจสอบพบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2. หลังจากปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับผู้ประกอบการและบุคลากรธุรกิจที่พักในจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และเพชรบูรณ์ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบและวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ 0.70 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.865

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลัก ทั้งในรูปแบบออนไลน์และการเก็บข้อมูลภาคสนาม ทั้งนี้ ก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการตอบแบบสอบถาม และขอความยินยอมจากผู้ให้ข้อมูล

3.3.2 ตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมา และคัดแยกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ออกจากการวิเคราะห์

3.3.3 นำข้อมูลจากแบบสอบถามที่สมบูรณ์เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัยต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

3.4.2 การวิเคราะห์ระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การวางแผนเชิงกลยุทธ์ดิจิทัล การบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัล การบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัล และการตลาดดิจิทัลและการบริหารประสบการณ์ลูกค้า โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายระดับขีดความสามารถของธุรกิจในแต่ละด้าน และแปลผลค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง มีขีดความสามารถอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึง มีขีดความสามารถอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึง มีขีดความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51–2.60 หมายถึง มีขีดความสามารถอยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง มีขีดความสามารถอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (Independent Samples t-test) สำหรับตัวแปรที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance: One-Way ANOVA หรือ F-test) สำหรับตัวแปรที่แบ่งออกเป็นมากกว่า 2 กลุ่ม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทั้งนี้ กำหนดสมมติฐานการทดสอบ คือ ผู้ประกอบการธุรกิจโฮสเทลที่มีปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะธุรกิจ และการดำเนินธุรกิจดิจิทัลที่แตกต่างกัน มีระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกัน นอกจากนี้ หากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัย

จะดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ (Post Hoc Multiple Comparisons) โดยใช้วิธีการของเชฟเฟ่ (Scheffé's Method) เพื่อพิจารณาว่ากลุ่มใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อไป

3.4.4 สรุปข้อมูลจากข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อนำเสนอแนวทางในการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 201 คน จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล โดยใช้ค่าความถี่และค่าร้อยละ พบว่า

1) ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 52.24 มีอายุ 30–39 ปี จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 40.30 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 60.20 และมีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ 5–10 ปี จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 43.28

2) ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นธุรกิจขนาดเล็ก (มีห้องพัก 11–20 ห้อง) จำนวน 92 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 45.77 มีระยะเวลาในการดำเนินกิจการ 5–10 ปี จำนวน 84 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 41.79 และมีรูปแบบการให้บริการประเภทโฮสเทลแบบห้องพักรวมและห้องพักส่วนตัว (Mixed Hostel) จำนวน 109 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 54.23

3) ปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอยู่ในระดับมาก จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 58.71 มีงบประมาณด้านดิจิทัลอยู่ในช่วง 50,001–100,000 บาทต่อปี จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 39.30 และใช้ช่องทางการตลาดดิจิทัล 4–5 ช่องทาง จำนวน 113 คน คิดเป็นร้อยละ 56.22

4.1 ผลการวิเคราะห์ระดับระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล	$\bar{x}$	S.D.	ระดับขีดความสามารถ	จัดอันดับ
1. การวางแผนเชิงกลยุทธ์ดิจิทัล	3.34	0.78	ปานกลาง	2
2. การบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัล	3.56	0.71	มาก	1
3. การบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัล	2.98	0.84	ปานกลาง	4

4. การตลาดดิจิทัลและการบริหารประสบการณ์ลูกค้า	3.21	0.76	ปานกลาง	3
เฉลี่ยรวม	**3.27**	**0.77**	**ปานกลาง**	

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า โดยภาพรวมธุรกิจโฮสเทลมีขีดความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.27, S.D. = 0.77) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัล มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.56, S.D. = 0.71) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์ดิจิทัล ($\bar{x}$ = 3.34, S.D. = 0.78) อยู่ในระดับปานกลาง และด้านการตลาดดิจิทัลและการบริหารประสบการณ์ลูกค้า ($\bar{x}$ = 3.21, S.D. = 0.76) อยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ ส่วนด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัล มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 2.98, S.D. = 0.84) อยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาในรายประเด็น สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านการบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัล** ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.56, S.D. = 0.71) อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ธุรกิจมีการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและการให้บริการ ($\bar{x}$ = 3.72, S.D. = 0.74) รองลงมา คือ ธุรกิจมีการพัฒนานวัตกรรมการให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.65, S.D. = 0.69) ธุรกิจมีการส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลของบุคลากร ($\bar{x}$ = 3.51, S.D. = 0.71) และธุรกิจมีการนำข้อมูลสารสนเทศมาใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงบริหาร ($\bar{x}$ = 3.36, S.D. = 0.72) ตามลำดับ

ด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์ดิจิทัล** ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นลำดับที่สอง ($\bar{x}$ = 3.34, S.D. = 0.78) อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ธุรกิจมีการกำหนดเป้าหมายและทิศทางการดำเนินงานด้านดิจิทัลอย่างชัดเจน ($\bar{x}$ = 3.48, S.D. = 0.75) รองลงมา คือ ธุรกิจมีการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและแนวโน้มตลาดดิจิทัลเพื่อใช้ในการวางแผน ($\bar{x}$ = 3.41, S.D. = 0.79) ธุรกิจมีการกำหนดแผนการลงทุนด้านเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเป็นระบบ ($\bar{x}$ = 3.29, S.D. = 0.81) และธุรกิจมีการประเมินผลและปรับปรุงแผนกลยุทธ์ดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.18, S.D. = 0.77) ตามลำดับ

ด้านการตลาดดิจิทัลและการบริหารประสบการณ์ลูกค้า** ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นลำดับที่สาม ($\bar{x}$ = 3.21, S.D. = 0.76) อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ธุรกิจมีการใช้สื่อสังคมออนไลน์และแพลตฟอร์มดิจิทัลในการประชาสัมพันธ์และการตลาด ($\bar{x}$ = 3.38, S.D. = 0.73) รองลงมา คือ ธุรกิจให้ความสำคัญกับการสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับลูกค้าผ่านช่องทางดิจิทัล ($\bar{x}$ = 3.25, S.D. = 0.78) ธุรกิจมีการนำข้อมูลลูกค้ามาใช้ในการพัฒนาการบริการและการตลาด ($\bar{x}$ = 3.17, S.D. = 0.79) และ

ธุรกิจมีการติดตามและประเมินความพึงพอใจของลูกค้าผ่านระบบดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.04, S.D. = 0.74) ตามลำดับ

ด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัล** ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 2.98, S.D. = 0.84) อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ธุรกิจมีการสำรองและจัดเก็บข้อมูลสำคัญอย่างเป็นระบบ ($\bar{x}$ = 3.15, S.D. = 0.82) รองลงมา คือ ธุรกิจมีการกำหนดมาตรการป้องกันความเสี่ยงจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ ($\bar{x}$ = 3.02, S.D. = 0.85) ธุรกิจมีการให้ความรู้และสร้างความตระหนักด้านความมั่นคงปลอดภัยทางดิจิทัลแก่บุคลากร ($\bar{x}$ = 2.91, S.D. = 0.87) และธุรกิจมีการประเมินและบริหารความเสี่ยงด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างสม่ำเสมอ ($\bar{x}$ = 2.84, S.D. = 0.83) ตามลำดับ

4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล โดยใช้สถิติทดสอบ T-test และ F-test สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล จำแนกตามปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	ค่าสถิติ	df	Sig.	ผลการทดสอบ
ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ				
เพศ	t = 1.472	199	.143	ไม่แตกต่าง
อายุ	F = 4.263	(3, 197)	.006	แตกต่าง*
ระดับการศึกษา	F = 1.835	(3, 197)	.141	ไม่แตกต่าง
ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ	F = 5.127	(4, 196)	.002	แตกต่าง*
ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล				
ขนาดของธุรกิจ	F = 3.864	(3, 197)	.011	แตกต่าง*
ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ	F = 2.914	(3, 197)	.036	แตกต่าง*
รูปแบบการให้บริการ	F = 1.562	(2, 198)	.187	ไม่แตกต่าง
ปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล				
ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล	F = 8.451	(4, 196)	.000	แตกต่าง*
งบประมาณด้านดิจิทัล	F = 6.283	(3, 197)	.001	แตกต่าง*
จำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล	F = 4.912	(4, 196)	.003	แตกต่าง*

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยด้านเพศไม่มีผลต่อความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล (t = 1.472, Sig. = .143) แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการเพศชายและเพศหญิงมีระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลไม่แตกต่างกัน

ด้านอายุ พบว่า ผู้ประกอบการที่มีอายุแตกต่างกันมีระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 4.263, Sig. = .006) แสดงให้เห็นว่าอายุเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล

ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้ประกอบการที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกันมีระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลไม่แตกต่างกัน (F = 1.835, Sig. = .141) แสดงให้เห็นว่าระดับการศึกษาไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล

ด้านประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ พบว่า ผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์แตกต่างกันมีระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 5.127, Sig. = .002) แสดงให้เห็นว่าประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจ

สำหรับปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจโฮสเทล พบว่า ขนาดของธุรกิจ (F = 3.864, Sig. = .011) และระยะเวลาในการดำเนินกิจการ (F = 2.914, Sig. = .036) ส่งผลให้ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่รูปแบบการให้บริการไม่มีผลต่อความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจ (F = 1.562, Sig. = .187)

ส่วนปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล พบว่า ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (F = 8.451, Sig. = .000) งบประมาณด้านดิจิทัล (F = 6.283, Sig. = .001) และจำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล (F = 4.912, Sig. = .003) ส่งผลให้ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffé's Method) สำหรับปัจจัยด้านอายุ พบว่า ผู้ประกอบการที่มีอายุระหว่าง 41–50 ปี มีระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลสูงกว่ากลุ่มอายุไม่เกิน 30 ปี และกลุ่มอายุ 31–40 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สำหรับประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ พบว่า ผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี มีระดับขีดความสามารถของธุรกิจสูงกว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์ต่ำกว่า 5 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านขนาดของธุรกิจ พบว่า ธุรกิจโฮสเทลขนาดกลางและขนาดใหญ่มีระดับขีดความสามารถในยุคดิจิทัลสูงกว่าธุรกิจขนาดเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล พบว่า กลุ่มธุรกิจที่มีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในระดับสูง มีขีดความสามารถของธุรกิจสูงกว่ากลุ่มที่มีการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในระดับต่ำและปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยด้านอายุ ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ ขนาดของธุรกิจ ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล งบประมาณด้านดิจิทัล และจำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล ส่งผลให้ระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนปัจจัยด้านเพศ ระดับการศึกษา และรูปแบบการให้บริการ ไม่ส่งผลให้ระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล พบว่า ผู้ประกอบการมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล ที่มีความถี่สูงสุดเป็นอันดับแรก คือ การพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลและระบบบริหารจัดการอัตโนมัติ เช่น ระบบจองห้องพัก ระบบเช็กอินออนไลน์ และระบบบริหารจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 77.55 รองลงมา คือ การเพิ่มการอบรมและพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลให้แก่ผู้ประกอบการและบุคลากรอย่างต่อเนื่อง จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 73.47 และการพัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลและการใช้สื่อสังคมออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 68.71 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามยังเสนอให้มีการส่งเสริมการใช้ข้อมูลลูกค้าและระบบวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics) เพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ จำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 62.59 การเพิ่มมาตรการด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์และการบริหารความเสี่ยงดิจิทัล จำนวน 86 คน คิดเป็นร้อยละ 58.50 การสนับสนุนงบประมาณและการเข้าถึงแหล่งเงินทุนสำหรับการลงทุนด้านเทคโนโลยีดิจิทัล จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 53.74 และการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อยกระดับประสบการณ์ของลูกค้าและสร้างความภักดีต่อแบรนด์ จำนวน 73 คน คิดเป็นร้อยละ 49.66 สำหรับข้อเสนอแนะด้านการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการ หน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล มีจำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 44.22 และการติดตาม ประเมินผล และปรับปรุงแผนกลยุทธ์ดิจิทัลอย่างสม่ำเสมอ มีจำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 39.46 ขณะที่ข้อเสนอแนะที่มีความถี่ต่ำที่สุด คือ การส่งเสริมการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ เช่น AI, IoT และระบบอัจฉริยะ มาใช้ในการดำเนินธุรกิจ จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 34.69

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาระดับขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า ภาพรวมของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลอยู่ในระดับปานกลาง โดยด้านการบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัลมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ขณะที่ด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัลมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ผลการวิจัยดังกล่าวอาจสะท้อนให้เห็นว่า ผู้ประกอบการธุรกิจโฮสเทลให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานและเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ อาทิ ระบบการจองห้องพักออนไลน์ ระบบบริหารจัดการภายในองค์กร และเครื่องมือดิจิทัลสำหรับการสื่อสารและสร้างความสัมพันธ์กับ

ลูกค้า ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจในยุคดิจิทัล อย่างไรก็ตาม การบริหารความเสี่ยงและการรักษาความมั่นคงปลอดภัยทางดิจิทัลยังคงได้รับความสำคัญในระดับที่ต่ำกว่า อันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ ความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง และการเข้าถึงเทคโนโลยีด้านความมั่นคงปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Pipyros และ Liasidou (2025) ที่ได้เสนอกรอบการประเมินความเสี่ยงด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์สำหรับอุตสาหกรรมการบริการ โดยระบุว่า ธุรกิจโรงแรมและโฮสเทลมีความเสี่ยงเฉพาะด้านอันเกิดจากการพึ่งพาระบบดิจิทัล การจัดเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าพัก ระบบการชำระเงิน รวมถึงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อัจฉริยะและผู้ให้บริการภายนอกจำนวนมาก ทั้งนี้ การบริหารความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ที่มีประสิทธิภาพควรครอบคลุมกระบวนการสำคัญ ได้แก่ การกำหนดบริบทขององค์กร การระบุภัยคุกคามและช่องโหว่ การประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยง การกำหนดมาตรการควบคุม และการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผู้วิจัยดังกล่าวยังชี้ให้เห็นว่า ภัยคุกคามที่สำคัญในธุรกิจการบริการประกอบด้วย การโจมตีด้วยมัลแวร์ในระบบการชำระเงิน (POS Malware) การโจมตีแบบฟิชชิง (Phishing Attacks) ช่องโหว่ของอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) การรั่วไหลของข้อมูลผู้เข้าพัก และความเสี่ยงจากผู้ให้บริการภายนอก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องในการดำเนินธุรกิจ ตลอดจนความเชื่อมั่นของลูกค้าและชื่อเสียงขององค์กร ด้วยเหตุนี้ ผู้ประกอบการจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ การประเมินความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ การลงทุนในเทคโนโลยีป้องกันภัยคุกคาม และการเสริมสร้างความรู้ความสามารถด้านความมั่นคงปลอดภัยทางดิจิทัลแก่บุคลากร เพื่อเพิ่มความพร้อมและความสามารถในการรับมือกับภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต

ผลการเปรียบเทียบขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านลักษณะธุรกิจ และปัจจัยด้านการดำเนินธุรกิจดิจิทัล พบว่า ปัจจัยด้านอายุ ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ ขนาดของธุรกิจ ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล งบประมาณด้านดิจิทัล และจำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล ส่งผลให้ขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปัจจัยด้านเพศ ระดับการศึกษา และรูปแบบการให้บริการไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างดังกล่าว ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่า ผู้ประกอบการที่มีอายุและประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจมากกว่ามักมีองค์ความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ในการบริหารจัดการที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ธุรกิจที่มีขนาดใหญ่หรือมีระยะเวลาในการดำเนินกิจการยาวนานมักมีความพร้อมด้านทรัพยากร การลงทุน และโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีมากกว่า จึงสามารถพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันในยุคดิจิทัลได้ดีกว่า ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล งบประมาณด้านดิจิทัล และจำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล เป็นตัวแปรสำคัญที่สะท้อนถึงความพร้อมในการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจดิจิทัลโดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Susanty et al. (2025) ซึ่งพบว่า ความพร้อมในการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ของวิสาหกิจขนาดกลางและ

ขนาดย่อม (SMEs) มีความสัมพันธ์กับระดับการลงทุน การสนับสนุนจากบุคลากรภายในองค์กร และการจัดสรรงบประมาณสำหรับการพัฒนาและบำรุงรักษาเทคโนโลยี โดยข้อจำกัดด้านงบประมาณและการขาดความร่วมมือภายในองค์กรถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการยกระดับความพร้อมด้านดิจิทัล อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นมุมมองที่แตกต่างจากแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับลักษณะส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ โดยพบว่า เพศและระดับการศึกษาไม่ได้ส่งผลต่อความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นว่า ในบริบทของธุรกิจบริการในยุคดิจิทัล ความสำเร็จในการพัฒนาขีดความสามารถขององค์กรไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะส่วนบุคคลของผู้ประกอบการเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับระดับความพร้อมขององค์กร การลงทุนด้านเทคโนโลยี ความสามารถในการปรับตัว และการกำหนดกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจดิจิทัลที่เหมาะสมเป็นสำคัญ

ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เสนอแนวทางการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยให้มีการพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลและระบบบริหารจัดการอัตโนมัติเป็นลำดับแรก รองลงมา ได้แก่ การพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลของผู้ประกอบการและบุคลากร และการยกระดับกลยุทธ์การตลาดดิจิทัล ขณะที่การนำเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น ปัญญาประดิษฐ์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และระบบอัจฉริยะมาใช้ในการดำเนินธุรกิจ ได้รับข้อเสนอแนะในระดับต่ำที่สุด ผลดังกล่าวอาจเป็นเพราะผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินงานในระยะสั้นมากกว่า ขณะที่เทคโนโลยีขั้นสูงยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุน การลงทุน และความรู้ความเชี่ยวชาญในการนำไปใช้

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสะท้อนว่า ธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานครยังมีขีดความสามารถด้านดิจิทัลในระดับปานกลาง โดยมีความเข้มแข็งด้านการบริหารจัดการและนวัตกรรมดิจิทัล ขณะที่ด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยดิจิทัลยังเป็นประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนา นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า อายุประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ ขนาดของธุรกิจ ระยะเวลาในการดำเนินกิจการ ระดับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล งบประมาณด้านดิจิทัล และจำนวนช่องทางการตลาดดิจิทัล เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างของขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล ในขณะที่เพศ ระดับการศึกษา และรูปแบบการให้บริการไม่ส่งผลต่อความแตกต่างดังกล่าว ข้อค้นพบจากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ในการกำหนดแนวทางพัฒนาศักยภาพของธุรกิจโฮสเทล โดยมุ่งส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล การเพิ่มการลงทุนด้านดิจิทัล การขยายช่องทางการตลาดออนไลน์ และการยกระดับมาตรการด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันและสนับสนุนการเติบโตอย่างยั่งยืนของธุรกิจโฮสเทลในยุคดิจิทัล

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจโฮสเทลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ได้สละเวลาอันมีค่าและให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดียิ่ง ข้อมูลที่ได้รับจากทุกท่านถือเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สามารถดำเนินการและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์

8. เอกสารอ้างอิง

กนกพร ศรีวิชัย, และอัจฉรา เมฆสุวรรณ. (2026). อิทธิพลของคุณภาพบริการดิจิทัลที่มีต่อความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจโรงแรมระดับ 3 ดาวในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. * วารสารศิลปการจัดการ*, 10(1), 111–130.

ธิญาดา สร้อยทองพงศ์, นฤชิต รักเลี้ยง, วชิรญาณ์ ไชยวินิจ, และ ปราโมทย์ สิทธิจักร. (2569). ปัจจัยความพร้อมในการบริหารเพื่อการพัฒนาขีดความสามารถของธุรกิจโฮสเทลเพื่อการท่องเที่ยวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารธรรมเพื่อชีวิต, 32(1), 245-260.

ยิ่ง เจริญบุญยัง, เตือนใจ แสงทอง, และเบ็ญจวรรณ ลี้เจริญ. (2568). การดำเนินกิจกรรมทางการตลาดของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย. เสฏฐวิทย์ปริทัศน์, 5(3), 1753–1765.

สรัลรัส ถีระแก้ว, ธีรวัช บุณยโสภณ, ธีรวุฒิ บุณยโสภณ, และสักรินทร์ อยู่ผ่อง. (2568). การพัฒนารูปแบบศักยภาพผู้บริหารธุรกิจภัตตาคารเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในยุคดิจิทัล. วารสารพัฒนาธุรกิจและอุตสาหกรรม, 5(3), 1–15.

Ashraf, S., Sadiq, M., Ferreira, P., & Almeida, A. M. (2023). Intellectual capital and a firm's sustainable performance and growth before and during the COVID-19 crisis: A comparative analysis of small and large European hospitality firms. Sustainability. 15(12), 9743.

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). Digital marketing. Pearson uk.

Jaroensuk, A. (2025). The Path to Success for Modern Hotel Entrepreneurs. Journal of Innovative Business Management Research, 2(1), 76–96.

Kotler, P., Pfoertsch, W., & Sponholz, U. (2021). H2H marketing. Cham: Springer International Publishing.

Pipyros, K., & Liasidou, S. (2025). A new cybersecurity risk assessment framework for the hospitality industry: techniques and methods for enhanced data protection and threat mitigation. Worldwide Hospitality and Tourism Themes, 17(1), 48-61.

Saad El-Din Salem, A., Abou Talieb Mohamed, M., & Rabeah Ibrahem, A. (2025). Digital Transformation and Financial Performance an Empirical Analysis of International Youth Hostels in Egypt. International Journal of Tourism and Hospitality Management, 8(2), 287-300.

Susanty, A., Puspitasari, N. B., Anindyanari, O. S., & Jie, F. (2025). Profiling the readiness and barriers toward digital technology adoption among the SMEs. International Journal of Information Technology, 17(2), 823-840.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร

สายฝน คุยสี[1*]และสุปภาดา ภูรีพงศ์[2]

[1*]นักศึกษาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก
[2]อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

*E-mail: kamsayphon1@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0922685572

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับ เปรียบเทียบความไว้วางใจตามลักษณะส่วนบุคคล ศึกษาความสัมพันธ์ และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้แทนครัวเรือนที่มีประสบการณ์ซื้อใช้งาน หรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ จำนวน 400 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการถดถอยพหุคูณแบบ Enter ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ศึกษาภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.86, S.D. = .51) โดยภาพลักษณ์ตราสินค้าและคุณภาพผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.11) ขณะที่บริการหลังการขายอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.47) ผู้บริโภคที่มีอายุ ระดับการศึกษา รายได้ จำนวนเครื่องปรับอากาศ และระยะเวลาการใช้งานแตกต่างกัน มีความไว้วางใจในตราสินค้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ปัจจัยทุกด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความไว้วางใจ โดยภาพลักษณ์ตราสินค้ามีความสัมพันธ์สูงที่สุด (r = .742) และตัวแปรทั้ง 4 ด้านร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจได้ร้อยละ 65.20 (R^2 = .652, p < .001) โดยภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลสูงที่สุด ข้อค้นพบนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในการเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่น่าเชื่อถือควบคู่กับการรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ และเร่งยกระดับบริการหลังการขาย โดยเฉพาะความรวดเร็วในการตอบสนอง การจัดหาอะไหล่ และความโปร่งใสด้านค่าใช้จ่าย เพื่อสร้างความไว้วางใจและความสัมพันธ์ระยะยาวกับผู้บริโภค

คำสำคัญ: คุณภาพผลิตภัณฑ์, การรับรู้คุณค่า, บริการหลังการขาย, ภาพลักษณ์ตราสินค้า, ความไว้วางใจในตราสินค้า

ABSTRACT

This study aimed to examine the levels of factors influencing consumer trust in air conditioner brands, compare brand trust across personal characteristics, investigate relationships among the variables, and identify factors predicting consumer trust in air conditioner brands in Phichit Province. This quantitative survey research involved 400 household representatives who had experience purchasing, using, or participating in air conditioner purchase decisions. The participants were selected through multi-stage sampling. Data were collected using a questionnaire and analyzed using descriptive statistics, independent-samples t-test, one-way analysis of variance, Pearson's product-moment correlation coefficient, and enter multiple regression analysis. The findings revealed that the overall level of the studied factors was high ($\bar{x}$ = 3.86, S.D. = .51). Brand image and product quality received the highest mean scores ($\bar{x}$ = 4.11), whereas after-sales service was rated at a moderate level ($\bar{x}$ = 3.47). Consumers with different ages, educational levels, incomes, numbers of household air conditioners, and durations of use showed significantly different levels of brand trust at the .001 level. All factors were positively related to brand trust, with brand image showing the strongest relationship (r = .742). The four factors jointly explained 65.20 percent of the variance in brand trust (R^2 = .652, $p < .001$). Brand image was the most influential factor. These findings provide practical guidance for manufacturers and distributors to strengthen a credible brand image while maintaining product quality and improving after-sales service, particularly in terms of responsiveness, spare-parts availability, and cost transparency, to foster consumer trust and long-term relationships.

Keywords: Product Quality, Perceived Value, After-Sales Service, Brand Image, Brand Trust

1. บทนำ

เครื่องปรับอากาศเป็นสินค้าคงทนที่มีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน ทั้งในที่อยู่อาศัย สำนักงาน ร้านค้า และสถานประกอบการ เนื่องจากช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการพักผ่อน การทำงาน และการใช้ชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศมีความแตกต่างจากการเลือกซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคทั่วไป เนื่องจากเป็นสินค้าที่มีราคาค่อนข้างสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน และมีต้นทุนต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการใช้งาน เช่น ค่าติดตั้ง ค่าไฟฟ้า ค่าล้างเครื่อง ค่าบำรุงรักษา ค่าซ่อมแซม และค่าอะไหล่ ผู้บริโภคจึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้านก่อนตัดสินใจเลือกตราสินค้า ได้แก่

ประสิทธิภาพในการทำความเย็น ความประหยัดพลังงาน ความทนทาน ความปลอดภัย ราคา การรับประกัน และความพร้อมของศูนย์บริการ

Garvin (1987) อธิบายว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์สามารถพิจารณาได้จากหลายมิติ เช่น สมรรถนะ ความน่าเชื่อถือ ความคงทน ความสอดคล้องตามมาตรฐาน และความสะดวกในการรับบริการหรือซ่อมบำรุง ซึ่งล้วนมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศโดยตรง ขณะเดียวกัน Zeithaml (1988) เสนอว่า การรับรู้คุณค่าของผู้บริโภคเกิดจากการประเมินประโยชน์ที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนที่ต้องเสียไป ดังนั้น ผู้บริโภคอาจมิได้พิจารณาเฉพาะราคาซื้อเริ่มต้น แต่ยังให้ความสำคัญกับความคุ้มค่าในระยะยาว เช่น การประหยัดพลังงาน ความทนทานของเครื่อง และค่าใช้จ่ายหลังการซื้อ

นอกจากคุณภาพและความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์แล้ว บริการหลังการขายยังเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับสินค้าเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากผู้บริโภคต้องพึ่งพาการติดตั้ง การรับประกัน การบำรุงรักษา การซ่อมแซม และการจัดหาอะไหล่ตลอดช่วงเวลาการใช้งาน การให้บริการที่รวดเร็ว ชัดเจน เป็นธรรม และสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม ย่อมสะท้อนถึงความรับผิดชอบของตราสินค้าต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะเมื่อเกิดปัญหาภายหลังการซื้อ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผู้บริโภคสามารถประเมินความน่าเชื่อถือและเจตนาดีของตราสินค้าได้อย่างชัดเจน (Delgado-Ballester, 2004)

ภาพลักษณ์ตราสินค้าจึงเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ช่วยลดความไม่แน่นอนในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค Keller (1993) อธิบายว่า ภาพลักษณ์ตราสินค้าเกิดจากการเชื่อมโยงที่ผู้บริโภคมีต่อตราสินค้า เช่น ความน่าเชื่อถือ คุณภาพ ความทันสมัย ความเชี่ยวชาญ และความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค สำหรับตลาดเครื่องปรับอากาศ ผู้บริโภคมักใช้ชื่อเสียงของตราสินค้า ประสบการณ์เดิม คำแนะนำจากช่างติดตั้ง รีวิวจากผู้ใช้ และความพร้อมของศูนย์บริการเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ เพราะไม่สามารถประเมินคุณภาพสินค้าและประสิทธิภาพการบริการในระยะยาวได้ครบถ้วนก่อนการใช้งานจริง

ความไว้วางใจในตราสินค้าจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างผู้บริโภคกับผู้ประกอบการ Chaudhuri และ Holbrook (2001) อธิบายว่า ความไว้วางใจในตราสินค้าสะท้อนถึงความเต็มใจของผู้บริโภคในการพึ่งพาตราสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของตน และมีความเชื่อมโยงกับความภักดีต่อตราสินค้าในอนาคต ปัจจุบันตลาดเครื่องปรับอากาศมีการแข่งขันสูง โดยดัชนีความเชื่อมั่นอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นเดือนมีนาคม 2568 อยู่ที่ 121.5 สะท้อนการขยายตัวและการแข่งขันของตลาด (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2568) จังหวัดพิจิตรมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 39.7 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน 2568 จึงมีความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศและค่าใช้จ่ายเกี่ยวเนื่องกับการใช้งานอย่างต่อเนื่อง (จังหวัดพิจิตร, 2568) งานวิจัยล่าสุดของ Uzir et al. (2025) ยืนยันว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า ภาพลักษณ์ตราสินค้า และคุณภาพบริการมีบทบาทต่อความพึงพอใจและความไว้วางใจในตลาดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน อย่างไรก็ตาม งานดังกล่าวศึกษาในต่างประเทศและยังไม่ได้มุ่งเฉพาะเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ที่วิเคราะห์ปัจจัยเหล่านี้ร่วมกันในบริบทผู้บริโภคระดับ

จังหวัดของประเทศไทย ดังนั้น การศึกษาในจังหวัดพิจิตรจึงช่วยเติมเต็มช่องว่างเชิงผลิตภัณฑ์และเชิงพื้นที่ตลอดจนให้ข้อมูลปัจจุบันสำหรับพัฒนาคุณภาพสินค้า การสื่อสารคุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้าให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร โดยมุ่งศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิต ผู้แทนจำหน่าย ร้านค้า และศูนย์บริการในการพัฒนากลยุทธ์การตลาด สินค้า และการบริการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคอย่างเหมาะสม

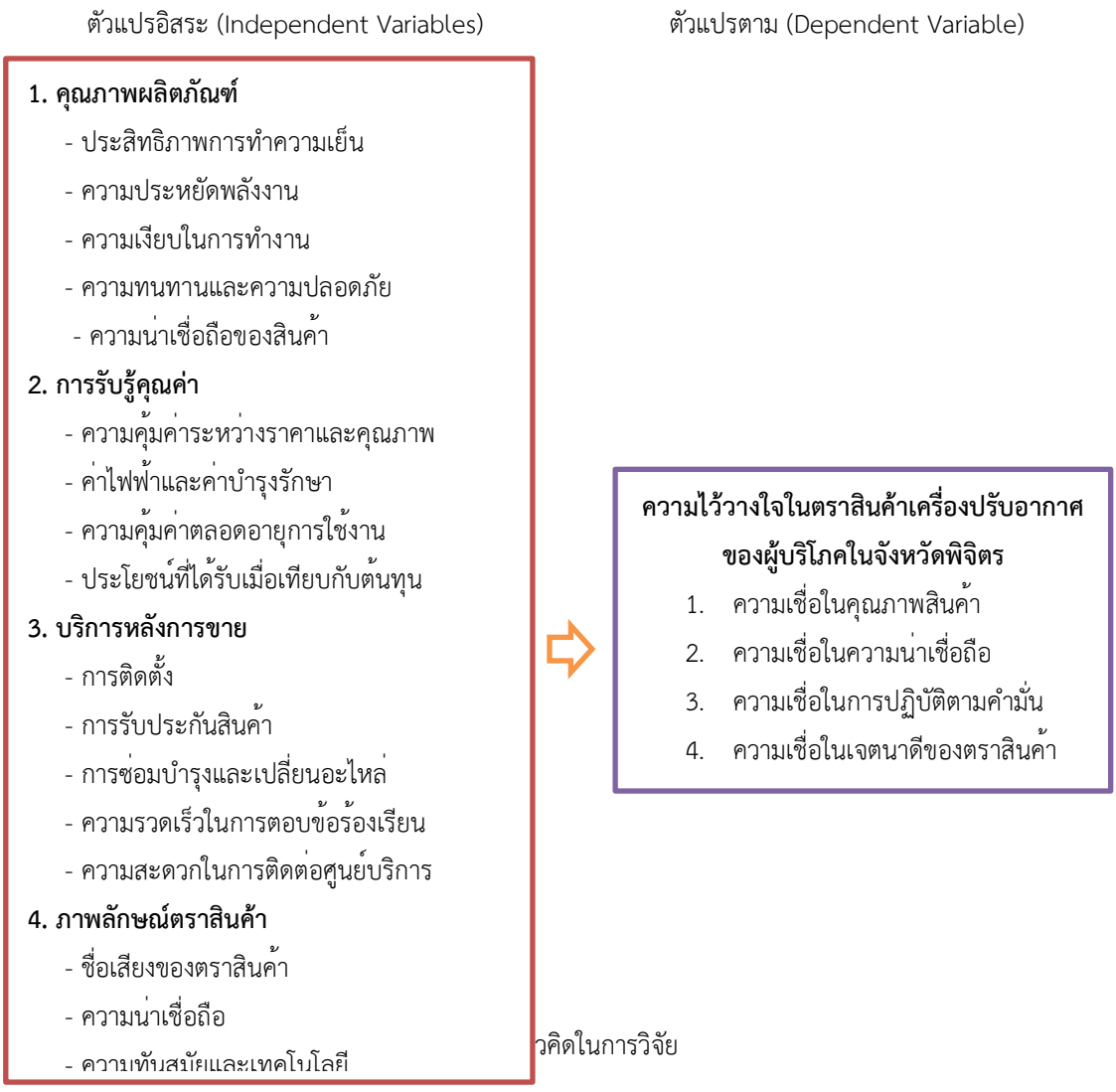
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร
2. เพื่อเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร
4. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผู้บริโภคที่มีเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน และระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน มีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน
2. คุณภาพผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร
3. การรับรู้คุณค่ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร
4. บริการหลังการขายมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร
5. ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร
6. คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า สามารถร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรอบแนวคิดการวิจัย



วคิดในการวิจัย

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภค จำเป็นต้องอาศัยแนวคิดและทฤษฎีที่สามารถอธิบายกระบวนการตัดสินใจซื้อ การประเมินคุณภาพและคุณค่าของสินค้า ตลอดจนการเกิดความเชื่อมั่นต่อผู้ผลิตหรือตราสินค้า โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นสินค้าคงทน มีราคาค่อนข้างสูง และมีค่าใช้จ่ายต่อเนื่องหลังการซื้อ ผู้บริโภคจึงมิได้พิจารณาเฉพาะราคา ณ เวลาที่ซื้อเท่านั้น แต่ยังประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน ความประหยัดพลังงาน ความทนทาน การรับประกัน การซ่อมบำรุง และความน่าเชื่อถือของตราสินค้าในระยะยาว

Kotler และ Keller (2016) อธิบายว่า พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกซื้อ การใช้ การประเมิน และการตัดสินใจเกี่ยวกับสินค้าและบริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของบุคคลหรือครัวเรือน ผู้บริโภคจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางวัฒนธรรม สังคม ส่วนบุคคล และจิตวิทยา ทำให้แต่ละบุคคลมีเกณฑ์การตัดสินใจแตกต่างกัน สำหรับการเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ ผู้บริโภคมักค้นหาข้อมูลจากผู้แทนจำหน่าย ช่างติดตั้ง เว็บไซต์ สื่อสังคมออนไลน์ รีวิวจากผู้ใช้งาน และบุคคลใกล้ชิด ก่อนเปรียบเทียบคุณสมบัติ ราคา ความคุ้มค่า และบริการของแต่ละตราสินค้า ดังนั้น ความไว้วางใจในตราสินค้าจึงมีบทบาทในการช่วยลดความไม่แน่นอนและความเสี่ยงจากการตัดสินใจซื้อสินค้า

แนวคิดด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ของ Garvin (1987) อธิบายว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถพิจารณาได้จากหลายมิติ ได้แก่ สมรรถนะของสินค้า คุณลักษณะเพิ่มเติม ความน่าเชื่อถือ ความสอดคล้องกับมาตรฐาน ความคงทน ความสะดวกในการรับบริการหรือซ่อมบำรุง ความสวยงาม และคุณภาพที่ผู้บริโภครับรู้ แนวคิดดังกล่าวมีความเหมาะสมกับสินค้าเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากผู้บริโภคต้องประเมินทั้งความสามารถในการทำความเย็น ความประหยัดไฟฟ้า ระดับเสียง ความปลอดภัย ความแข็งแรงทนทาน และความสะดวกในการดูแลรักษา หากเครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติที่สื่อสารไว้ มีมาตรฐาน และมีอายุการใช้งานเหมาะสม ย่อมช่วยให้ผู้บริโภคเกิดความเชื่อมั่นว่าตราสินค้านั้นมีความสามารถในการตอบสนองความต้องการได้จริง

การรับรู้คุณค่าเป็นอีกแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจซื้อสินค้า Zeithaml (1988) อธิบายว่า การรับรู้คุณค่า หมายถึง การประเมินโดยรวมของผู้บริโภคเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากสินค้าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนหรือสิ่งที่ต้องเสียไป การรับรู้คุณค่าจึงไม่ได้หมายถึงสินค้าที่มีราคาต่ำที่สุด แต่หมายถึงสินค้าที่ผู้บริโภคเห็นว่ามีความเหมาะสมและคุ้มค่ากับเงิน เวลา และความพยายามที่ต้องลงทุน สำหรับเครื่องปรับอากาศ ผู้บริโภคอาจประเมินคุณค่าจากราคาซื้อ ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน อายุการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ค่าล้างเครื่อง ค่าซ่อมบำรุง และความพร้อมของอะไหล่ในอนาคต

Sweeney และ Soutar (2001) ได้ขยายแนวคิดการรับรู้คุณค่าออกเป็นหลายมิติ ได้แก่ คุณค่าด้านคุณภาพ คุณค่าด้านราคา คุณค่าด้านอารมณ์ และคุณค่าด้านสังคม ซึ่งสะท้อนว่า ผู้บริโภคอาจเลือกใช้เครื่องปรับอากาศตราสินค้าหนึ่งเพราะเชื่อว่ามีคุณภาพดี ให้ความคุ้มค่า ทำให้เกิดความรู้สึกมั่นใจ หรือเป็นตราสินค้าที่ได้รับการยอมรับจากบุคคลทั่วไป เมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าผลประโยชน์ที่ได้รับมีมากกว่าหรือเหมาะสมกับต้นทุนที่เสียไป ย่อมส่งผลให้เกิดทัศนคติเชิงบวก และเพิ่มแนวโน้มในการไว้วางใจต่อตราสินค้านั้น

สำหรับบริการหลังการขาย Parasuraman, Zeithaml และ Berry (1988) เสนอแนวคิดคุณภาพการบริการว่า ผู้รับบริการจะประเมินคุณภาพจากความน่าเชื่อถือ การตอบสนอง ความมั่นใจ ความเอาใจใส่ และลักษณะทางกายภาพของการบริการ เมื่อนำมาใช้กับสินค้าเครื่องปรับอากาศ บริการหลังการขายจึงครอบคลุมการติดตั้งที่ได้มาตรฐาน การรับประกันสินค้า ความรวดเร็วในการนัดหมาย การให้ข้อมูลเกี่ยวกับการซ่อมและค่าใช้จ่าย การจัดหาอะไหล่ การรับข้อร้องเรียน และการติดตามผลหลังให้บริ การ

หากผู้ประกอบการสามารถให้บริการได้อย่างรวดเร็ว โปร่งใส และเป็นธรรม ผู้บริโภคจะรับรู้ว่าตราสินค้ามีความรับผิดชอบและพร้อมดูแลเมื่อเกิดปัญหา ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญของการสร้างความไว้วางใจในระยะยาว

ภาพลักษณ์ตราสินค้าเป็นความรู้สึก ความเชื่อ และการเชื่อมโยงที่ผู้บริโภคมีต่อตราสินค้า Keller (1993) อธิบายว่า ภาพลักษณ์ตราสินค้าเกิดจากการรับรู้และความสัมพันธ์ที่ผู้บริโภคเชื่อมโยงกับตราสินค้า เช่น ชื่อเสียง ความน่าเชื่อถือ คุณภาพ ความทันสมัย ความเชี่ยวชาญ และความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค ในตลาดเครื่องปรับอากาศ ภาพลักษณ์ตราสินค้าช่วยให้ผู้บริโภคใช้เป็นข้อมูลแทนการประเมินคุณภาพทางเทคนิคที่อาจตรวจสอบได้ยากก่อนซื้อ ตราสินค้าที่มีชื่อเสียง มีการสื่อสารอย่างตรงไปตรงมา และมีประสบการณ์การให้บริการที่ดี ย่อมช่วยลดความกังวลของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อ

ความไว้วางใจในตราสินค้าเป็นผลลัพธ์สำคัญของการที่ผู้บริโภครับรู้ว่าตราสินค้ามีคุณภาพ มีความคุ้มค่า ให้บริการได้ดี และมีภาพลักษณ์น่าเชื่อถือ Chaudhuri และ Holbrook (2001) อธิบายว่า ความไว้วางใจในตราสินค้า หมายถึง ความเต็มใจของผู้บริโภคที่จะพึ่งพาตราสินค้าในการตอบสนองความต้องการของตน ขณะที่ Delgado-Ballester (2004) เสนอว่า ความไว้วางใจประกอบด้วย 2 มิติ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของตราสินค้า และเจตนาดีของตราสินค้าที่มีต่อผู้บริโภค กล่าวคือ ผู้บริโภคต้องเชื่อว่าตราสินค้าสามารถส่งมอบสินค้าและบริการได้ตามที่สัญญาไว้ รวมทั้งไม่เอาเปรียบหรือทอดทิ้งผู้บริโภคเมื่อเกิดปัญหาภายหลังการซื้อ

การสังเคราะห์งานวิจัยเชิงประจักษ์และการพัฒนาสมมติฐาน เมื่อสังเคราะห์แนวคิดข้างต้นพบว่าทฤษฎีดั้งเดิมแต่ละแนวคิดอธิบายปัจจัยสร้างความไว้วางใจเพียงบางมิติ กล่าวคือ คุณภาพผลิตภัณฑ์และการรับรู้คุณค่าสะท้อนความสามารถของตราสินค้าในการส่งมอบผลประโยชน์ตามที่สัญญา ขณะที่บริการหลังการขายและภาพลักษณ์ตราสินค้าสะท้อนทั้งความสามารถ ความรับผิดชอบ และเจตนาดีของตราสินค้า การศึกษาของ Khamitov, Rajavi, Huang, และ Hong (2024) ซึ่งวิเคราะห์อภิมานจากงานวิจัย 549 เรื่อง ครอบคลุมผู้บริโภค 324,834 คนใน 71 ประเทศ พบว่า คุณภาพที่รับรู้ คุณค่าที่รับรู้ และชื่อเสียงเป็นปัจจัยสำคัญของความไว้วางใจ โดยปัจจัยที่สะท้อนความซื่อสัตย์และความรับผิดชอบมีอิทธิพลต่อความไว้วางใจสูงกว่าปัจจัยที่สะท้อนความสามารถเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การอธิบายความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศจึงควรพิจารณาปัจจัยทั้งสี่ร่วมกัน ไม่ใช่แยกพิจารณาเฉพาะคุณภาพหรือราคาเพียงด้านเดียว

ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น อายุ การศึกษา รายได้ และประสบการณ์ใช้งาน มีส่วนกำหนดความสามารถในการค้นหาข้อมูล กำลังซื้อ การรับรู้ความเสี่ยง และเกณฑ์ที่ใช้ประเมินตราสินค้า ผู้บริโภคที่มีประสบการณ์หรือมีเครื่องปรับอากาศหลายเครื่องย่อมมีข้อมูลจากการใช้งาน การซ่อมบำรุง และบริการหลังการขายมากกว่า จึงอาจประเมินความน่าเชื่อถือของตราสินค้าแตกต่างจากผู้บริโภคที่มีประสบการณ์จำกัด จากเหตุผลดังกล่าว จึงกำหนดสมมติฐานที่ 1 ว่า ผู้บริโภคที่มีปัจจัยส่วนบุคคลแตกต่างกันมีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน

คุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ทำให้ผู้บริโภคประเมินความสามารถและความสม่ำเสมอของตราสินค้า หากเครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้ดี ประหยัดพลังงาน ปลอดภัย ทนทาน และทำงานตรงตามข้อมูลที่สื่อสารไว้ ย่อมลดความไม่แน่นอนและเพิ่มความเชื่อมั่นว่าตราสินค้าสามารถรักษาคำมั่นสัญญาได้ งานของ Uzir et al. (2025) ในตลาดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพบว่า คุณภาพที่รับรู้มีความสำคัญต่อความพึงพอใจและกระบวนการสร้างความสัมพันธ์กับตราสินค้า สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมานของ Khamitov et al. (2024) ที่ยืนยันว่าคุณภาพที่รับรู้เป็นปัจจัยพื้นฐานของความไว้วางใจ จึงกำหนดสมมติฐานที่ 2 ว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ

การรับรู้คุณค่าเกิดจากการเปรียบเทียบผลประโยชน์ทั้งหมดกับต้นทุนที่ผู้บริโภคต้องรับภาระ ทั้งราคาซื้อ ค่าไฟฟ้า ค่าติดตั้ง ค่าบำรุงรักษา และอายุการใช้งาน เมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับต้นทุน ย่อมตีความว่าตราสินค้ามีความเป็นธรรมและคำนึงถึงประโยชน์ของลูกค้า Monfort, López-Vázquez, และ Sebastián-Morillas (2025) พบว่า การรับรู้คุณค่ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Uzir et al. (2025) ยืนยันบทบาทของคุณค่าที่รับรู้ในบริบทเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน จึงกำหนดสมมติฐานที่ 3 ว่า การรับรู้คุณค่ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ

บริการหลังการขายเป็นช่วงเวลาที่ผู้บริโภคสามารถประเมินความรับผิดชอบของตราสินค้าได้โดยตรง โดยเฉพาะเมื่อเกิดความขัดข้องหรือข้อร้องเรียน การตอบสนองอย่างรวดเร็ว การรับประกันที่ชัดเจน ความพร้อมของอะไหล่ และการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นธรรมจึงเป็นสัญญาณของทั้งความสามารถและเจตนาดีของตราสินค้า Habib และ Sarwar (2021) พบว่าบริการหลังการขายมีบทบาทต่อคุณค่าตราสินค้าและพฤติกรรมการซื้อ ส่วน Monfort et al. (2025) พบว่าการบริการลูกค้ามีอิทธิพลต่อความไว้วางใจทั้งทางตรงและผ่านความพึงพอใจ จึงกำหนดสมมติฐานที่ 4 ว่า บริการหลังการขายมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ

ภาพลักษณ์ตราสินค้าทำหน้าที่เป็นสัญญาณแทนคุณภาพและความรับผิดชอบที่ผู้บริโภคยังไม่สามารถตรวจสอบได้ครบถ้วนก่อนซื้อ ตราสินค้าที่มีชื่อเสียง น่าเชื่อถือ ทันสมัย และมีประวัติการดูแลลูกค้าที่ดีจะช่วยลดการรับรู้ความเสี่ยงและเพิ่มความมั่นใจ Monfort et al. (2025) พบว่าภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจ ขณะที่ Khamitov et al. (2024) พบว่าชื่อเสียงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงต่อความไว้วางใจของผู้บริโภค จึงกำหนดสมมติฐานที่ 5 ว่า ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ

โดยสรุป คุณภาพผลิตภัณฑ์และการรับรู้คุณค่าสะท้อนความสามารถในการส่งมอบประโยชน์ ส่วนบริการหลังการขายและภาพลักษณ์ตราสินค้าสะท้อนความรับผิดชอบและความซื่อสัตย์ของตราสินค้า ปัจจัยเหล่านี้จึงทำงานเสริมกันตลอดช่วงก่อนซื้อ ระหว่างใช้งาน และหลังการซื้อ ประกอบกับหลักฐานเชิงประจักษ์ล่าสุดที่สนับสนุนความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว (Khamitov et al., 2024; Monfort et al.,

2025; Uzir et al., 2025) จึงกำหนดสมมติฐานที่ 6 ว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้าสามารถร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า เป็นปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากปัจจัยทั้ง 4 ด้านสะท้อนความสามารถของตราสินค้าในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งก่อนซื้อ ระหว่างใช้งาน และหลังเกิดปัญหา อันนำไปสู่ความเชื่อมั่นและการพึ่งพาตราสินค้าในระยะยาว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Survey Research) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้แทนครัวเรือนในจังหวัดพิจิตร ณ ช่วงเวลาที่กำหนด แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ลักษณะของการวิจัยมุ่งอธิบายระดับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ตลอดจนเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าระหว่างผู้บริโภคที่มีลักษณะส่วนบุคคลแตกต่างกัน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และวิเคราะห์อิทธิพลเชิงพยากรณ์ของคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า ต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบตามลำดับขั้นตอน เพื่อให้การศึกษามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ สมมติฐาน กรอบแนวคิด และหลักการวิจัยเชิงปริมาณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมผู้บริโภค คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดประเด็นการศึกษา สร้างกรอบแนวคิดการวิจัย กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และพัฒนาตัวชี้วัดของตัวแปรให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Creswell, 2014; Kotler & Keller, 2016)

2) กำหนดกรอบแนวคิด ตัวแปร และสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยนำผลจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดการวิจัย โดยกำหนดให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า เป็นตัวแปรอิสระ และกำหนดความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศเป็นตัวแปรตาม รวมทั้งกำหนดสมมติฐานการวิจัยให้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

3) กำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่าง และวิธีการสุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดประชากรที่ใช้ ในการวิจัย ได้แก่ ผู้แทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดพิจิตร มีอายุ 20 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป มีเครื่องปรับอากาศใช้งานภายในครัวเรือน และมีประสบการณ์ในการซื้อ ใช้งาน หรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ จากนั้นกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน ตามแนวคิดการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงสำรวจของ Cochran (1977) และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมบริบทของพื้นที่จังหวัดพิจิตร

4) สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดข้อคำถามให้ครอบคลุมตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่าบริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ทั้งนี้ ข้อคำถามใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert (1932) เพื่อวัดระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม

5) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์ด้านการตลาด พฤติกรรมผู้บริโภค การวิจัยเพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร จากนั้นนำผลการประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือค่า IOC (Index of Item-Objective Congruence) ตามแนวคิดของ Rovinelli และ Hambleton (1977) โดยกำหนดให้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไปเป็นข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ได้

6) ปรับปรุงและทดลองใช้เครื่องมือ ผู้วิจัยปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้แทนครัวเรือนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงแต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ในจังหวัดชัยนาท จำนวน 30 คน เพื่อพิจารณาความชัดเจนของข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องมือจริง

7) ตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้เครื่องมือมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องภายในของข้อคำถามในแต่ละด้านและของแบบสอบถามทั้งฉบับ โดยพิจารณาค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .70 ขึ้นไปว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Cronbach, 1951; Nunnally & Bernstein, 1994)

8) เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริง ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตามพื้นที่และจำนวนที่กำหนด โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการตอบแบบสอบถาม สิทธิของผู้ตอบแบบสอบถาม และการรักษาความลับของข้อมูลก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ และข้อมูลที่ได้รับจะนำเสนอในภาพรวมโดยไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลที่สามารถระบุตัวตนได้

9) ตรวจสอบและเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ ภายหลังการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบสอบถามทุกฉบับ คัดแยกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์หรือไม่เป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นดำเนินการลงรหัสข้อมูล บันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และตรวจสอบความถูกต้องของการบันทึกข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์

10) วิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปและระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนการทดสอบสมมติฐานใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบค่าทีแบบอิสระต่อกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อศึกษาความแตกต่าง ความสัมพันธ์ และอิทธิพลเชิงพยากรณ์ของตัวแปรที่ศึกษา (Field, 2013; Hair, Black, Babin, & Anderson, 2014)

11) สรุปผล อภิปรายผล และจัดทำข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาเรียบเรียงและนำเสนอให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย จากนั้นอภิปรายผล โดยเชื่อมโยงกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจัดทำข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับผู้ประกอบการ ผู้ผลิต ผู้แทนจำหน่าย และศูนย์บริการเครื่องปรับอากาศ ตลอดจนข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้แทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดพิจิตร มีอายุ 20 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป และมีเครื่องปรับอากาศใช้งานภายในครัวเรือน โดยเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการซื้อใช้งานดูแลรักษา หรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของครัวเรือน ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามตอบข้อมูลเกี่ยวกับตราสินค้าเครื่องปรับอากาศที่ตนเองใช้งานเป็นหลัก หรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อเป็นหลักเพียง 1 ตราสินค้า เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับสะท้อนประสบการณ์และการประเมินของผู้บริโภคต่อสินค้าหรือตราสินค้านั้นอย่างชัดเจน จังหวัดพิจิตรมีพื้นที่การปกครองจำนวน 12 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองพิจิตร อำเภอตะพานหิน อำเภอบางมูลนาก อำเภอโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพทะเล อำเภอสามง่าม อำเภอทับคล้อ อำเภอสากเหล็ก อำเภอบึงนาราง อำเภอดงเจริญ อำเภอวชิรบารมี และอำเภอวังทรายพูน ดังนั้น การกำหนดพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลจึงครอบคลุมทั้งพื้นที่เมือง พื้นที่กึ่งเมือง และพื้นที่ชนบท เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างสะท้อนบริบทของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตรอย่างเหมาะสม

2) กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมบริบทพื้นที่ของจังหวัดพิจิตร ทั้งเขตเมือง พื้นที่ชุมชนกึ่งเมือง และพื้นที่ชนบท โดยกำหนดหน่วยการสุ่มเป็นลำดับ ได้แก่ อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน ครัวเรือน และผู้แทนครัวเรือน จังหวัดพิจิตรมีพื้นที่การปกครองจำนวน 12 อำเภอ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้อำเภอทั้ง 12 อำเภอเป็นชั้นพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ผลการวิจัยสะท้อนบริบทของจังหวัดพิจิตรได้ครอบคลุมกว่าการสุ่มเลือกเพียงบางอำเภอ ทั้งนี้ ใช้ข้อมูลรายชื่อหน่วยการปกครองระดับอำเภอ ตำบล และหมู่บ้านจากฐานข้อมูลสถิติทะเบียนราษฎรของสำนักบริหารการ

ทะเบียน กรมการปกครอง เป็นกรอบการสุ่มตัวอย่างเบื้องต้น (สำนักบริหารการทะเบียน, 2569) จังหวัดพิจิตรมีการแบ่งเขตการปกครองเป็น 12 อำเภอ และมีหมู่บ้านในความรับผิดชอบจำนวนมาก จึงเหมาะสมกับการสุ่มหลายขั้นตอนเพื่อให้การเก็บข้อมูลสามารถดำเนินการได้อย่างเป็นระบบ สุ่มตัวอย่างดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดอำเภอพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยกำหนดให้อำเภอทั้ง 12 อำเภอของจังหวัดพิจิตรเป็นพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มเลือกตำบลตัวแทน ผู้วิจัยจัดทำบัญชีรายชื่อตำบลทั้งหมดของแต่ละอำเภอแล้วสุ่มเลือกตำบลตัวแทนอำเภอละ 1 ตำบล ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน ได้ตำบลตัวแทนรวมจำนวน 12 ตำบล

ขั้นตอนที่ 3 การสุ่มเลือกหมู่บ้านตัวแทน ผู้วิจัยจัดทำบัญชีรายชื่อหมู่บ้านทั้งหมดของตำบลที่ได้รับการสุ่มเลือกในแต่ละอำเภอ แล้วสุ่มเลือกหมู่บ้านตัวแทนตำบลละ 2 หมู่บ้าน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน ได้หมู่บ้านตัวแทนรวมจำนวน 24 หมู่บ้าน

ขั้นตอนที่ 4 การคัดเลือกครัวเรือนและผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยใช้บัญชีครัวเรือน หรือข้อมูลผู้นำชุมชนของหมู่บ้านที่ได้รับการสุ่มเลือกเป็นกรอบการเข้าถึงครัวเรือน จากนั้นใช้คำถามคัดกรองเพื่อพิจารณาครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศใช้งาน และคัดเลือกผู้แทนครัวเรือนที่มีอายุ 20 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ซึ่งมีประสบการณ์ในการซื้อ ใช้งาน หรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ ในกรณีที่ครัวเรือนหนึ่งมีผู้มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มากกว่า 1 คน ผู้วิจัยเลือกผู้ที่มีบทบาทหลักในการตัดสินใจซื้อ การใช้ หรือการดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศ จำนวน 1 คนต่อ 1 หลังคาเรือน เพื่อป้องกันการตอบข้อมูลซ้ำซ้อนจากหลังคาเรือนเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 การจัดสรรกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน ตามแนวคิดของ Cochran (1977) สำหรับประชากรขนาดใหญ่หรือไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ .05 จากนั้นจัดสรรกลุ่มตัวอย่างให้แก่หมู่บ้านตัวแทนจำนวน 24 หมู่บ้าน โดยกำหนดหมู่บ้านละ 16–17 คน รวมทั้งสิ้น 400 คน แสดงดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน

ขั้นตอน	หน่วยการสุ่ม	จำนวนหน่วยทั้งหมด	วิธีการดำเนินการ	จำนวนหน่วยที่เลือก
1	อำเภอ	12 อำเภอ	กำหนดเป็นพื้นที่ศึกษาครบทุกอำเภอ	12 อำเภอ
2	ตำบล	ตำบลในแต่ละอำเภอ	สุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก อำเภอละ 1 ตำบล	12 ตำบล

3	หมู่บ้าน	หมู่บ้านในตำบลที่ได้รับการสุ่ม	สุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก ตำบลละ 2 หมู่บ้าน	24 หมู่บ้าน
4	ครัวเรือน	ครัวเรือนในหมู่บ้านที่สุ่มได้	คัดกรองครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศใช้งาน	ครัวเรือนที่ผ่านเกณฑ์
5	ผู้แทนครัวเรือน	ผู้แทนครัวเรือนอายุ 20 ปีขึ้นไปที่ผ่านเกณฑ์	สุ่มอย่างเป็นระบบหรือเลือกตามลำดับบัญชีครัวเรือนที่ผ่านการคัดกรอง	400 คน

ตารางที่ 2 ประชากร พื้นที่ตัวแทน และการจัดสรรกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับ	อำเภอ	ตำบลตัวแทนที่สุ่มเลือก	หมู่บ้านตัวแทนที่สุ่มเลือก	ประชากรในการวิจัย	กลุ่มตัวอย่าง (คน)
1	เมืองพิจิตร	ท่าหลวง	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	34
2	วังทรายพูน	วังทรายพูน	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
3	โพธิ์ประทับช้าง	ดงเสือเหลือง	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
4	ตะพานหิน	ไทรโรงโขน	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	34
5	บางมูลนาก	วังตะกู	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	34
6	โพทะเล	ท่าบัว	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33

ลำดับ	อำเภอ	ตำบล ตัวแทน ที่สุ่มเลือก	หมู่บ้านตัวแทน ที่สุ่มเลือก	ประชากร ในการวิจัย	กลุ่ม ตัวอย่าง (คน)
7	สามง่าม	สามง่าม	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
8	ทับคล้อ	ทับคล้อ	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	34
9	สากเหล็ก	วังทับไทร	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
10	บึงนาราง	โพธิ์ไทรงาม	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
11	ดงเจริญ	สำนักขุนเณร	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
12	วชิรบารมี	บ้านนา	หมู่บ้านตัวแทน 2 หมู่บ้าน	ผู้แทนครัวเรือนที่มีเครื่องปรับอากาศและมีอายุ 20 ปีขึ้นไป	33
รวม	**12 อำเภอ**	**12 ตำบล**	**24 หมู่บ้าน**	**ผู้แทนครัวเรือนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์**	**400**

ตารางที่ 3 การจัดสรรกลุ่มตัวอย่างระดับหมู่บ้าน

กลุ่มอำเภอ	จำนวน อำเภอ	จำนวนตำบล ตัวแทน	จำนวนหมู่บ้าน ตัวแทน	จำนวนกลุ่ม ตัวอย่างต่อหมู่บ้าน	รวมกลุ่ม ตัวอย่าง
อำเภอที่จัดสรร อำเภอละ 34 คน	4	4	8	17 คน	136

อำเภอที่จัดสรร อำเภอละ 33 คน	8	8	16	16–17 คน	264
รวม	**12**	**12**	**24**	**16–17 คน ต่อหมู่บ้าน**	**400**

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนดังกล่าว สอดคล้องกับหลักการวิจัยเชิงสำรวจที่มุ่งให้ได้กลุ่มตัวอย่างจากหน่วยพื้นที่หลายระดับ โดยช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลา งบประมาณ และการเข้าถึงประชากรจำนวนมาก ขณะเดียวกันยังคงความครอบคลุมของพื้นที่ศึกษาได้อย่างเหมาะสม (Cochran, 1977; Kish, 1965)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 7 ตอน รวมจำนวน 42 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 8 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนเครื่องปรับอากาศภายในครัวเรือน ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ และตราสินค้าเครื่องปรับอากาศที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้งานเป็นหลักหรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) และแบบเลือกตอบตามข้อเท็จจริงของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย ลักษณะการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกซื้อแหล่งข้อมูลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจ บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ สถานที่หรือช่องทางที่ซื้อเครื่องปรับอากาศ เหตุผลสำคัญในการเลือกตราสินค้า และลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศภายในครัวเรือน ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการและแบบเลือกตอบตามความเหมาะสม เพื่อสะท้อนบริบทการใช้งานและพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริโภค

ตอนที่ 3 คุณภาพผลิตภัณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ใช้วัดการรับรู้ของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะและสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย ประสิทธิภาพในการทำความเย็น ความประหยัดพลังงาน ความเงียบในการทำงาน ความทนทาน ความปลอดภัย และความน่าเชื่อถือของสินค้า

ตอนที่ 4 การรับรู้คุณค่า จำนวน 6 ข้อ ใช้วัดการประเมินของผู้บริโภคต่อความคุ้มค่าระหว่างประโยชน์ที่ได้รับจากเครื่องปรับอากาศกับต้นทุนที่ต้องเสียไป ทั้งในด้านราคาสินค้า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา อายุการใช้งาน ความคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับตราสินค้าอื่น และความคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน

ตอนที่ 5 บริการหลังการขาย จำนวน 5 ข้อ ใช้วัดความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของการให้บริการภายหลังการซื้อ ประกอบด้วย การติดตั้ง การรับประกันสินค้า การซ่อมบำรุง ความรวดเร็วในการตอบสนอง ความชัดเจนของข้อมูล ความพร้อมของอะไหล่ และการติดตามหรือแก้ไขปัญหาของศูนย์บริการหรือผู้ให้บริการ

ตอนที่ 6 ภาพลักษณ์ตราสินค้า จำนวน 6 ข้อ ใช้วัดการรับรู้ของผู้บริโภคต่อภาพรวมของตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย ชื่อเสียง ความน่าเชื่อถือ ความทันสมัย ความเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยี ความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค และการได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยทั่วไป

ตอนที่ 7 ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ จำนวน 5 ข้อ ใช้วัดระดับความเชื่อมั่นของผู้บริโภคว่าสินค้าและตราสินค้าสามารถส่งมอบคุณภาพได้ตามที่สื่อสารไว้ มีความน่าเชื่อถือ มีความซื่อสัตย์ต่อผู้บริโภค ไม่เอาเปรียบผู้บริโภค สามารถพึ่งพาได้เมื่อเกิดปัญหา และมีความรับผิดชอบต่อผู้บริโภคอย่างเหมาะสม

สำหรับตอนที่ 3–7 เป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแนวคิดของ Likert (1932) โดยกำหนดระดับความคิดเห็น ดังนี้ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย และ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

3.4 การสร้างและทดสอบคุณภาพเครื่องมือ

1) ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยอย่างเป็นระบบ เพื่อให้แบบสอบถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย กรอบแนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการ และลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนมีคุณภาพเพียงพอสำหรับนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2) การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร ตำรา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่าบริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ เพื่อนำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรแต่ละด้านอย่างชัดเจน รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการกำหนดตัวชี้วัดและสร้างข้อคำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการศึกษา

3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและตัวชี้วัดของตัวแปร ผู้วิจัยนำผลจากการทบทวนเอกสารมาสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบและตัวชี้วัดของตัวแปร โดยกำหนดให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ครอบคลุมประสิทธิภาพในการทำความเย็น ความประหยัดพลังงาน ความทนทาน ความปลอดภัย และความน่าเชื่อถือของเครื่องปรับอากาศ การรับรู้คุณค่าครอบคลุมความคุ้มค่าระหว่างประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนที่ผู้บริโภคต้องเสียไป บริการหลังการขายครอบคลุมการติดตั้ง การรับประกัน การซ่อมบำรุง ความรวดเร็วในการตอบสนองและความพร้อมของอะไหล่ ส่วนภาพลักษณ์ตราสินค้าครอบคลุมชื่อเสียง ความน่าเชื่อถือ ความทันสมัย และ

ความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค สำหรับความไว้วางใจในตราสินค้า มุ่งวัดความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ ความซื่อสัตย์ และความสามารถของตราสินค้าในการดูแลผู้บริโภคเมื่อเกิดปัญหา

4) การสร้างแบบสอบถาม ผู้วิจัยจัดสร้างแบบสอบถามโดยกำหนดข้อคำถามให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการและตัวชี้วัดของตัวแปรแต่ละด้าน ใช้ภาษาที่ชัดเจน กระชับ ไม่กำกวม และเหมาะสมกับบริบทของผู้บริโภคเครื่องปรับอากาศในจังหวัดพิจิตร ทั้งนี้ ข้อคำถามในส่วนที่ใช้วัดความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามกำหนดเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert (1932) เพื่อให้ผู้ตอบสามารถแสดงระดับความคิดเห็นได้อย่างเหมาะสม

5) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นผู้มีความรู้และประสบการณ์ด้านการตลาด พฤติกรรมผู้บริโภค การวิจัยและการวัดผลหรือธุรกิจเครื่องใช้ไฟฟ้าและบริการหลังการขาย เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อคำถาม โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย นิยามเชิงปฏิบัติการ และตัวชี้วัดของตัวแปรแต่ละด้าน

6) ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินข้อคำถามตามเกณฑ์ 3 ระดับ ได้แก่ ให้คะแนน +1 เมื่อเห็นว่าข้อคำถามมีความสอดคล้อง ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้อง และให้คะแนน -1 เมื่อเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้อง จากนั้นผู้วิจัยนำผลการประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือค่า IOC (Index of Item-Objective Congruence) ตามแนวคิดของ Rovinelli และ Hambleton (1977)

7) การตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้ (Try-out) กับผู้แทนหลังเรือนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จังหวัดชัยนาท จำนวน 30 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องภายในของข้อคำถามที่ใช้วัดตัวแปรหรือองค์ประกอบเดียวกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่มีค่าสูงสะท้อนว่าข้อคำถามในแต่ละด้านสามารถวัดเนื้อหาในทิศทางเดียวกันได้อย่างเหมาะสม (Cronbach, 1951) ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .82–.89 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ .70 ที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้องภายในอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริง (Nunnally & Bernstein, 1994)

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2569 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2569

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ใช้เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและระดับความคิดเห็นของผู้บริโภค โดยใช้ความถี่และร้อยละเพื่ออธิบายข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลเกี่ยวกับการใช้เครื่องปรับอากาศ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน ระยะเวลาการใช้งาน และข้อมูลเกี่ยวกับตราสินค้าที่ใช้

สำหรับการวิเคราะห์ระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่ออธิบายระดับความคิดเห็นของผู้บริโภคในภาพรวมและรายด้าน

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน ใช้เพื่อตอบวัตถุประสงค์และทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

การเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคที่มีลักษณะส่วนบุคคลแตกต่างกัน ใช้การทดสอบค่าทีแบบอิสระต่อกัน (Independent Samples t-test) สำหรับตัวแปรที่แบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance: One-way ANOVA) สำหรับตัวแปรที่แบ่งได้ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป

หากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธี Scheffé ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนเท่ากัน หรือใช้วิธี Games–Howell ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนไม่เท่ากัน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson’s Product-Moment Correlation Coefficient)

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าสมการพร้อมกัน (Enter Multiple Regression Analysis) โดยกำหนดให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า เป็นตัวแปรอิสระ และกำหนดให้ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศเป็นตัวแปรตาม

ก่อนดำเนินการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเป็นเส้นตรงระหว่างตัวแปร ความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อน การกระจายตัวของค่าคลาดเคลื่อน ความคงที่ของความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน และปัญหาความสัมพันธ์สูงระหว่างตัวแปรอิสระ

ในการตรวจสอบปัญหาความสัมพันธ์สูงระหว่างตัวแปรอิสระ ผู้วิจัยพิจารณาค่า Tolerance ซึ่งควรมากกว่า .10 และค่า Variance Inflation Factor หรือ VIF ซึ่งไม่ควรเกิน 10 หากข้อมูลเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว จึงสามารถวิเคราะห์และตีความผลการถดถอยพหุคูณได้อย่างเหมาะสม

3.7 เกณฑ์การแปลผล ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยของแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้นจากสูตร

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = (คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด) / จำนวนระดับ

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = (5 - 1) / 5

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = 0.80

จึงกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
4.21–5.00	มากที่สุด
3.41–4.20	มาก
2.61–3.40	ปานกลาง
1.81–2.60	น้อย
1.00–1.80	น้อยที่สุด

สำหรับการแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient) ผู้วิจัยพิจารณาทั้งทิศทาง ขนาด และนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีเครื่องหมายบวกแสดงว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น อีกตัวแปรหนึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางตรงกันข้าม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีเครื่องหมายลบแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น อีกตัวแปรหนึ่งมีแนวโน้มลดลง

การพิจารณาระดับความสัมพันธ์ ผู้วิจัยพิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยค่าที่มีขนาดเข้าใกล้ 1.00 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่สูงขึ้น ขณะที่ค่าที่เข้าใกล้ 0 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ต่ำหรือแทบไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร อย่างไรก็ตาม การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะต้องพิจารณาร่วมกับค่านัยสำคัญทางสถิติ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เพื่อพิจารณาว่าความสัมพันธ์ที่พบมีโอกาสเกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่างหรือไม่ ทั้งนี้ การพบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมิได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นสาเหตุโดยตรงของอีกตัวแปรหนึ่ง แต่เป็นเพียงข้อค้นพบเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องกันของตัวแปรภายใต้บริบทของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา (Field, 2013; Hair, Black, Babin, & Anderson, 2014)

สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ผู้วิจัยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน หรือค่าเบตา (Standardized Regression Coefficient: β) เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลเชิงพยากรณ์สัมพัทธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่มีต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้ค่าเบตาช่วยให้สามารถเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีหน่วยวัดแตกต่างกันได้ภายในสมการถดถอยเดียวกัน ค่าเบตาที่มีเครื่องหมายบวกแสดงว่า เมื่อตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอิสระอื่นในสมการไว้แล้ว ในทางตรงกันข้าม ค่าเบตาที่มีเครื่องหมายลบแสดงว่า เมื่อตัวแปรอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มลดลง ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมตัวแปรอิสระ

อื่นเช่นเดียวกัน ในการตีความผล ผู้วิจัยจะพิจารณาตัวแปรที่มีค่าเบตาสัมบูรณ์สูงกว่าและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ว่าเป็นตัวแปรที่มีอำนาจพยากรณ์ต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรอิสระอื่นในสมการเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การสรุปความสำคัญของตัวแปรจะไม่พิจารณาค่าเบตาเพียงอย่างเดียว แต่จะพิจารณาร่วมกับค่าสถิติ t ค่านัยสำคัญทางสถิติ ค่า R^2 และค่า Adjusted R^2 รวมทั้งตรวจสอบปัญหาความสัมพันธ์สูงระหว่างตัวแปรอิสระ โดยพิจารณาค่า Tolerance และค่า Variance Inflation Factor (VIF) เพื่อให้การวิเคราะห์อิทธิพลเชิงพยากรณ์มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น (Field, 2013; Hair et al., 2014)

4. ผลการวิจัย

4.1 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ภาพรวมรายด้านและรายข้อ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ในภาพรวม

ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	ลำดับ
1. ภาพลักษณ์ตราสินค้า	4.11	.58	มาก	1
2. คุณภาพผลิตภัณฑ์	4.11	.54	มาก	2
3. ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ	4.05	.59	มาก	3
4. การรับรู้คุณค่า	3.58	.66	มาก	4
5. บริการหลังการขาย	3.47	.71	ปานกลาง	5
รวมค่าเฉลี่ย	**3.86**	**.51**	**มาก**	**-**

จากตารางที่ 4 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.86, S.D.= .51) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า อยู่ในระดับ จำนวน 4 ด้าน คือ ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.11, S.D.= .58) รองลงมาคือคุณภาพผลิตภัณฑ์ ($\bar{x}$ =4.11) ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ ($\bar{x}$ =4.05) และการรับรู้คุณค่า ($\bar{x}$ =3.58) ขณะที่บริการหลังการขาย ($\bar{x}$ =3.47) อยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ

4.2 การเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

การเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล แสดงดังตารางที่ 5 - 7

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ จำแนกตามเพศ

เพศ	n	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ชาย	179	4.07	.56	.72	.473
หญิง	221	4.03	.58		

จากตารางที่ 5 พบว่า ผู้บริโภคเพศชายมีค่าเฉลี่ยความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศเท่ากับ ($\bar{x}$ =4.07) และเพศหญิง ($\bar{x}$ =4.03) เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติ t-test พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า t = .72 และค่า p = .473 จึงสรุปได้ว่า ผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันมีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลอื่น

ปัจจัยส่วนบุคคล	กลุ่มเปรียบเทียบ	F	p	ผลการทดสอบ
อายุ	20–29, 30–39, 40–49, 50–59 และ 60 ปีขึ้นไป	7.62	.001***	แตกต่าง
ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี และสูงกว่าปริญญาตรี	9.36	.001***	แตกต่าง
อาชีพ	รัฐ เอกชน ธุรกิจ เกษตรกรรม และอื่น ๆ	1.62	.169	ไม่แตกต่าง
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	5 กลุ่มรายได้	8.21	.001***	แตกต่าง
จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน	1 เครื่อง 2 เครื่อง และตั้งแต่ 3 เครื่องขึ้นไป	10.84	.001***	แตกต่าง
ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ	น้อยกว่า 3 ปี 3–5 ปี 6–10 ปี และมากกว่า 10 ปี	8.74	.001***	แตกต่าง

จากตารางที่ 6 พบว่า อายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน และระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ทำให้ผู้บริโภคมีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001*** ในขณะที่อาชีพไม่ทำให้ผู้บริโภคมีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น สมมติฐานที่ 1 จึงได้รับการยอมรับเพียงบางส่วน คือ ปัจจัยส่วนบุคคลบางด้านมีผลต่อระดับความไว้วางใจในตราสินค้าแต่ไม่ใช่ทุกด้าน

ตารางที่ 7 สรุปผลการเปรียบเทียบรายคู่ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภค จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปัจจัยส่วนบุคคล	กลุ่มที่มีความไว้วางใจสูงกว่า	กลุ่มที่มีความไว้วางใจต่ำกว่า	ผลการเปรียบเทียบ	p
อายุ	50–59 ปี และ 60 ปีขึ้นไป	20–29 ปี และ 30–39 ปี	สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	< .001***
ระดับการศึกษา	สูงกว่าปริญญาตรี	ต่ำกว่าปริญญาตรี	สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	< .001***
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	มากกว่า 45,000 บาท	ต่ำกว่า 15,000 บาท และ 15,000–25,000 บาท	สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	< .001***
จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน	ตั้งแต่ 3 เครื่องขึ้นไป	1 เครื่อง	สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	< .001***
ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ	มากกว่า 10 ปี	น้อยกว่า 3 ปี	สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ	< .001***

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

จากตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffé พบว่า ผู้บริโภคที่มีอายุ 50–59 ปี และ 60 ปีขึ้นไป มีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศสูงกว่าผู้บริโภคที่มีอายุ 20–29 ปี และ 30–39 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ผู้บริโภคที่มีการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีมีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศสูงกว่าผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 เช่นเดียวกับผู้ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 45,000 บาท ซึ่งมีความไว้วางใจสูงกว่าผู้ที่มีรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท และผู้ที่มีรายได้ระหว่าง 15,000–25,000 บาท นอกจากนี้ ผู้บริโภคที่มีเครื่องปรับอากาศในครัวเรือนตั้งแต่ 3 เครื่องขึ้นไป มีความไว้วางใจในตราสินค้าสูงกว่าผู้ที่มีเครื่องปรับอากาศเพียง 1 เครื่อง และผู้ที่มีประสบการณ์ใช้งานเครื่องปรับอากาศมากกว่า 10 ปี มีความไว้วางใจสูงกว่าผู้ที่มีประสบการณ์ใช้งานน้อยกว่า 3 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร แสดงดังตารางที่ 8-9

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปร	$\bar{x}$	S.D.	1	2	3	4	5
1. คุณภาพผลิตภัณฑ์	4.11	.54	1.000				
2. การรับรู้คุณค่า	3.58	.66	.614**	1.000			
3. บริการหลังการขาย	3.47	.71	.525**	.589**	1.000		
4. ภาพลักษณ์ตราสินค้า	4.11	.58	.662**	.606**	.565**	1.000	
5. ความไว้วางใจในตราสินค้า	4.05	.59	.704**	.638**	.582**	.742**	1.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 8 พบว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัวแปร ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีความสัมพันธ์กับความไว้วางใจในตราสินค้าสูงที่สุด (r = .742) รองลงมาคือคุณภาพผลิตภัณฑ์ (r = .704) การรับรู้คุณค่า (r = .638) และบริการหลังการขาย (r = .582) ตามลำดับ

4.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตร แสดงดังตารางที่ 9-10

ตารางที่ 9 สรุปโมเดลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

R	R^2	Adjusted R^2	S.E. of Estimate	F	p
.807	.652	.648	.385	185.01	.001

จากตารางที่ 9 พบว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า สามารถร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่า (F = 185.01), (p = .001) โมเดลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .807 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดเท่ากับ .652 หมายความว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 65.20 ส่วนที่เหลือร้อยละ 34.80 อาจเกิดจากปัจจัยอื่นด้านอื่น ๆ เช่น ความพึงพอใจ ประสบการณ์เดิม การบอกต่อ ความภักดีต่อตราสินค้า หรือความชอบส่วนบุคคลของผู้บริโภค

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ

ตัวแปรพยากรณ์	B	S.E.	β	t	p	Tolerance	VIF
ค่าคงที่	.359	.158		2.27	.024		

คุณภาพผลิตภัณฑ์	.273	.041	.250	6.66	.000	.492	2.032
การรับรู้คุณค่า	.134	.035	.150	3.83	.000	.521	1.919
บริการหลังการขาย	.108	.031	.130	3.48	.001	.554	1.805
ภาพลักษณ์ตราสินค้า	.417	.043	.410	9.70	.000	.476	2.101
$R = .807, R^2 = .652$, Adjusted $R^2 = .648$, $F = 185.01$, $p < .01$							

จากตารางที่ 10 พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลสูงที่สุด มีค่า β=.410 รองลงมาคือ คุณภาพผลิตภัณฑ์ มีค่า β=.250 การรับรู้คุณค่า มีค่า β=.150 และบริการหลังการขาย มีค่า β=.130 ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่า Tolerance ของตัวแปรอิสระอยู่ระหว่าง .476–.554 และค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.805–2.101 ซึ่งต่ำกว่า 5 แสดงว่าไม่พบปัญหาความสัมพันธ์พหุร่วมเชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระในระดับที่ส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ

ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศ = .359 + .273(คุณภาพผลิตภัณฑ์) + .134(การรับรู้คุณค่า) + .108(บริการหลังการขาย) + .417(ภาพลักษณ์ตราสินค้า)

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

Zความไว้วางใจในตราสินค้า = .250Zคุณภาพผลิตภัณฑ์ + .150Zการรับรู้คุณค่า + .130Zบริการหลังการขาย + .410Zภาพลักษณ์ตราสินค้า

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผู้บริโภคมีความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.86, SD = .51) โดยภาพลักษณ์ตราสินค้าและคุณภาพผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากัน ($\bar{x}$ = 4.11) รองลงมา ได้แก่ ความไว้วางใจในตราสินค้า ($\bar{x}$ = 4.05) และการรับรู้คุณค่า ($\bar{x}$ = 3.58) ส่วนบริการหลังการขายอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.47) โดยเฉพาะด้านความรวดเร็วในการให้บริการ การนัดหมาย และการจัดหาอะไหล่ ซึ่งควรได้รับการปรับปรุง

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบพบว่า ผู้บริโภคที่มีอายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน และระยะเวลาการใช้งานแตกต่างกัน มีความไว้วางใจในตราสินค้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ขณะที่เพศและอาชีพแตกต่างกันมีความไว้วางใจไม่แตกต่างกัน

5.1.3 ปัจจัยทั้ง 4 ด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความไว้วางใจในตราสินค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยภาพลักษณ์ตราสินค้ามีความสัมพันธ์สูงที่สุด (r = .742) รองลงมา ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ (r = .704) การรับรู้คุณค่า (r = .638) และบริการหลังการขาย (r = .582)

5.1.4 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่า ปัจจัยทั้ง 4 ด้านสามารถร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจในตราสินค้าได้ร้อยละ 65.20 ($R = .807$, $R^2 = .652$, Adjusted $R^2 = .648$, $F = 185.01$, $p < .001$) โดยภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลสูงที่สุด ($\beta = .410$) รองลงมา ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ ($\beta = .250$) การรับรู้คุณค่า ($\beta = .150$) และบริการหลังการขาย ($\beta = .130$) ทั้งนี้ ไม่พบปัญหาภาวะพหุสัมพันธ์เชิงเส้นในระดับรุนแรง

โดยสรุป สมมติฐานข้อที่ 1 ได้รับการยอมรับบางส่วน ส่วนสมมติฐานข้อที่ 2–6 ได้รับการยอมรับ แสดงให้เห็นว่า ภาพลักษณ์ตราสินค้า คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า และบริการหลังการขาย เป็นปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์และร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศของผู้บริโภคในจังหวัดพิจิตรได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย ภาพลักษณ์ตราสินค้า และความไว้วางใจในตราสินค้า

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์และภาพลักษณ์ตราสินค้ามีระดับความคิดเห็นสูงที่สุด สะท้อนว่าผู้บริโภคเครื่องปรับอากาศประเมินตราสินค้าจากทั้งประสบการณ์การใช้งานจริงและความหมายที่เชื่อมโยงกับตราสินค้า โดยเฉพาะความน่าเชื่อถือ ชื่อเสียง ความปลอดภัย ประสิทธิภาพการทำความเย็น และความทนทานของสินค้า ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Garvin (1987) ที่เสนอว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์มิได้หมายถึงสมรรถนะของสินค้าเพียงด้านเดียว แต่ครอบคลุมถึงความน่าเชื่อถือ ความคงทน ความสอดคล้องกับมาตรฐาน ความสะดวกในการรับบริการ และคุณภาพที่ผู้บริโภครับรู้ ในกรณีของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นสินค้าคงทน ผู้บริโภคย่อมประเมินคุณภาพจากการใช้งานระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการทำความเย็น ความประหยัดพลังงาน ระดับเสียง ความปลอดภัย และความสะดวกในการดูแลรักษา

ภาพลักษณ์ตราสินค้าที่อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านความน่าเชื่อถือและการได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยทั่วไป สอดคล้องกับแนวคิดคุณค่าตราสินค้าจากมุมมองผู้บริโภคของ Keller (1993) ซึ่งอธิบายว่า ความรู้ ความเชื่อ และความเชื่อมโยงที่ผู้บริโภคมีต่อตราสินค้า ส่งผลต่อการตอบสนองทางการตลาดและการประเมินคุณค่าของตราสินค้า

สำหรับเครื่องปรับอากาศ ผู้บริโภคไม่สามารถตรวจสอบคุณลักษณะทางเทคนิค ความทนทาน หรือค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานได้ครบถ้วนก่อนตัดสินใจซื้อ ชื่อเสียงความน่าเชื่อถือ และภาพลักษณ์ของตราสินค้าจึงทำหน้าที่เป็นสัญญาณที่ช่วยลดความไม่แน่นอนและความเสี่ยงในการตัดสินใจ

แม้ความไว้วางใจในตราสินค้าโดยรวมอยู่ในระดับมาก แต่ประเด็นที่เกี่ยวกับการไม่เอาเปรียบผู้บริโภคเมื่อเกิดปัญหาจากการใช้งานมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แสดงว่าผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นต่อความสามารถและชื่อเสียงของตราสินค้าในระดับหนึ่ง แต่ยังระมัดระวังต่อความเป็นธรรม การรับผิดชอบ และการแก้ไขปัญหาของตราสินค้าเมื่อเกิดข้อขัดข้องภายหลังการซื้อ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Delgado-Ballester (2004) ซึ่งอธิบายว่า ความไว้วางใจในตราสินค้าประกอบด้วยทั้งมิติความน่าเชื่อถือของตราสินค้าและมิติเจตนาดีของตราสินค้าที่มีต่อผู้บริโภค

การรับรู้คุณค่าอยู่ในระดับมาก แต่ประเด็นต้นทุนการติดตั้ง การล้างเครื่องการบำรุงรักษา และความคุ้มค่าตลอดระยะเวลาการใช้งานอยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่าผู้บริโภคมิได้พิจารณาเฉพาะราคาซื้อเริ่มต้น หากแต่พิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ต้องรับผิดชอบตลอดระยะเวลาการใช้งานด้วย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Zeithaml (1988) ที่อธิบายว่า การรับรู้คุณค่าเป็นการประเมินประโยชน์ที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนหรือสิ่งที่ผู้บริโภคต้องเสียไป

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ Sirdeshmukh, Singh และ Sabol (2002) ที่เสนอว่าคุณค่าซึ่งผู้บริโภครับรู้มีความเชื่อมโยงกับการสร้างความไว้วางใจและความสัมพันธ์ระยะยาว ดังนั้นผู้ประกอบการไม่ควรแข่งขันด้วยราคาขายสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่ควรให้ข้อมูลต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน เงื่อนไขการรับประกัน ค่าบริการ และค่าอะไหล่อย่างชัดเจน โปร่งใส และเปรียบเทียบได้

บริการหลังการขายเป็นด้านเดียวที่ผู้บริโภคประเมินในระดับปานกลาง โดยเฉพาะประเด็นความรวดเร็วในการตอบสนอง การนัดหมายให้บริการ การจัดหาอะไหล่ และความสามารถในการแก้ไขปัญหาอย่างเหมาะสม ผลดังกล่าวเป็นจุดอ่อนเชิงการจัดการที่สำคัญ เนื่องจากบริการหลังการขายเป็นช่วงเวลาที่ผู้บริโภคสามารถประเมินความรับผิดชอบ และความจริงใจของตราสินค้าได้โดยตรง สอดคล้องกับแนวคิดคุณภาพการบริการของ Parasuraman, Zeithaml และ Berry (1988) ซึ่งเน้นองค์ประกอบด้านความน่าเชื่อถือ ความสามารถในการตอบสนองความมั่นใจ และการเอาใจใส่ผู้รับบริการ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Habib และ Sarwar (2021) ที่พบว่าบริการหลังการขายมีบทบาทต่อคุณค่าตราสินค้าและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค

5.2.2 ความแตกต่างของความไว้วางใจในตราสินค้าตามลักษณะส่วนบุคคล

ผลการวิจัยพบว่า เพศและอาชีพที่แตกต่างกันไม่ทำให้ผู้บริโภคมีความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน สะท้อนว่าความเชื่อมั่นต่อเครื่องปรับอากาศในบริบทของกลุ่มตัวอย่างไม่ได้ขึ้นอยู่กับเพศหรือประเภทอาชีพโดยตรง อย่างไรก็ตาม อายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนเครื่องปรับอากาศในครัวเรือน และระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้ความไว้วางใจในตราสินค้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้บริโภคที่มีอายุมาก มีระดับการศึกษาสูง มีรายได้สูง มีเครื่องปรับอากาศหลายเครื่อง หรือมีประสบการณ์ใช้งานยาวนาน มีแนวโน้มมีความไว้วางใจในตราสินค้าสูงกว่า ข้อค้นพบดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า ผู้บริโภค กลุ่มดังกล่าวมีโอกาสสะสมประสบการณ์เกี่ยวกับคุณภาพสินค้า ค่าไฟฟ้า ความ

ทนทาน การบำรุงรักษา การรับประกัน และคุณภาพการแก้ไขปัญหาหลังการขายมากกว่า จึงสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของตราสินค้าได้จากประสบการณ์จริงมากกว่าผู้บริโภคที่มีประสบการณ์จำกัด

5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับความไว้วางใจในตราสินค้า

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า บริการหลังการขาย และภาพลักษณ์ตราสินค้า มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัวแปร โดยภาพลักษณ์ตราสินค้ามีความสัมพันธ์สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า และบริการหลังการขาย ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า เมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าตราสินค้ามีชื่อเสียง มีความน่าเชื่อถือ มีคุณภาพสามารถส่งมอบคุณค่าที่เหมาะสมกับต้นทุน และมีบริการหลังการขายที่ดี ผู้บริโภคย่อมมีแนวโน้มไว้วางใจตราสินค้านั้นเพิ่มขึ้น ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีความสัมพันธ์กับความไว้วางใจสูงที่สุด สอดคล้องกับ Keller (1993) ที่เสนอว่า ภาพลักษณ์ตราสินค้าเกิดจากความเชื่อมโยงของผู้บริโภคต่อแบรนด์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการประเมินสินค้าและการตอบสนองต่อกิจกรรมทางการตลาด อีกทั้งสอดคล้องกับ Chaudhuri และ Holbrook (2001) ที่เสนอว่า ความไว้วางใจในตราสินค้าเป็นรากฐานสำคัญของความสัมพันธ์ระยะยาวและความภักดีต่อตราสินค้า

5.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความไว้วางใจในตราสินค้า

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ด้านสามารถร่วมกันพยากรณ์ความไว้วางใจในตราสินค้าเครื่องปรับอากาศได้ร้อยละ 65.20 โดยภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลเชิงพยากรณ์สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ การรับรู้คุณค่า และบริการหลังการขาย

ภาพลักษณ์ตราสินค้ามีอิทธิพลเชิงพยากรณ์สูงที่สุด แสดงว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับชื่อเสียง ความน่าเชื่อถือ ความทันสมัย การได้รับการยอมรับ และความรับผิดชอบของตราสินค้าอย่างมาก ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Keller (1993) ซึ่งอธิบายว่าภาพลักษณ์ตราสินค้าเป็นชุดความเชื่อมโยงในความทรงจำของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการประเมินตราสินค้า

คุณภาพผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์รองลงมา สะท้อนว่า สมรรถนะของสินค้า ความสามารถในการทำความเย็น ความประหยัดพลังงาน ความปลอดภัย ความทนทาน และระดับเสียงในการทำงาน เป็นหลักฐานจากการใช้งานจริงที่ช่วยยืนยันว่าตราสินค้านั้นสามารถพึ่งพาได้ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Garvin (1987) ซึ่งเสนอว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความเกี่ยวข้องกับสมรรถนะ ความน่าเชื่อถือ ความคงทน และความสามารถในการรับบริการ

การรับรู้คุณค่ามีอิทธิพลเชิงพยากรณ์เชิงบวก แสดงว่า เมื่อผู้บริโภคเห็นว่าประโยชน์ที่ได้รับจากเครื่องปรับอากาศมีความเหมาะสมกับราคา ค่าไฟฟ้า ค่าติดตั้ง ค่าบำรุงรักษา และอายุการใช้งาน ย่อมมีแนวโน้มไว้วางใจตราสินค้ามากขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Zeithaml (1988) และ Sirdeshmukh et al. (2002) ที่อธิบายว่า คุณค่าซึ่งผู้บริโภครับรู้เกิดจากการประเมินความเป็นธรรมของผลประโยชน์และต้นทุนโดยรวม

บริการหลังการขายมีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น แต่ไม่ควรตีความว่ามีความสำคัญน้อย เนื่องจากบริการหลังการขายเป็นด้านเดียวที่ผู้บริโภคประเมินอยู่ในระดับปานกลาง และเป็นจุดที่ผู้บริโภคสัมผัสกับความรับผิดชอบของตราสินค้าโดยตรงเมื่อสินค้าเกิดปัญหา

ดังนั้น ผู้ประกอบการควรยกระดับระบบบริการหลังการขายอย่างจริงจัง โดยเฉพาะความรวดเร็วในการตอบกลับ การนัดหมายบริการ การบริหารอะไหล่ ความชัดเจนของค่าใช้จ่าย และการติดตามผลหลังการซ่อม เพราะการให้บริการที่ล่าช้าหรือไม่เป็นธรรมอาจทำลายความไว้วางใจที่ตราสินค้าสั่งสมมาจากชื่อเสียงและคุณภาพสินค้าได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1) พัฒนาภาพลักษณ์ตราสินค้าบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงที่ตรวจสอบได้ เนื่องจากภาพลักษณ์ตราสินค้าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์สูงที่สุด ผู้ผลิตและเจ้าของตราสินค้าควรสื่อสารจุดแข็งด้านความน่าเชื่อถือ ความรับผิดชอบ ความทันสมัย และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจสอบได้ เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์ ข้อมูลประสิทธิภาพพลังงาน เงื่อนไขรับประกัน และกระบวนการแก้ไขปัญหาของลูกค้าอย่างเป็นธรรม

2) รักษาและยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพการทำความเย็น ความปลอดภัย ความทนทาน ความประหยัดพลังงาน และการลดระดับเสียงในการทำงาน โดยเฉพาะประเด็นการทำงานเงียบซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ ควรนำข้อมูลการรับประกัน การซ่อม และข้อร้องเรียนมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ

3) สื่อสารความคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งานอย่างชัดเจน ผู้ประกอบการควรนำเสนอข้อมูลต้นทุนรวมตลอดอายุการใช้งาน ได้แก่ ราคาสินค้า ค่าติดตั้ง ค่าไฟฟ้า ค่าล้างเครื่อง ค่าบำรุงรักษา ค่าอะไหล่ และเงื่อนไขการรับประกัน ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเปรียบเทียบได้ เพื่อช่วยลดความกังวลของผู้บริโภคเกี่ยวกับต้นทุนแฝงหลังการซื้อ

4) ยกระดับบริการหลังการขายเป็นวาระเร่งด่วน ผู้แทนจำหน่าย ศูนย์บริการ และผู้ให้บริการติดตั้งควรกำหนดมาตรฐานระยะเวลาการตอบกลับและการนัดหมายให้บริการ พัฒนาระบบติดตามสถานะงานซ่อมผ่านช่องทางดิจิทัล บริหารคลังอะไหล่ให้เพียงพอ และกำหนดกระบวนการรับผิดชอบที่ชัดเจนในกรณีที่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาซ้ำในจังหวัดอื่นหรือเปรียบเทียบระหว่างภูมิภาค เพื่อทดสอบว่าลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความไว้วางใจในตราสินค้าแตกต่างกันตามบริบทเศรษฐกิจ สังคม ความหนาแน่นของศูนย์บริการ และรูปแบบการอยู่อาศัยหรือไม่

2) ควรเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความไว้วางใจในตราสินค้า เช่น ความพึงพอใจ ความเสี่ยงที่ผู้บริโภครับรู้ ความน่าเชื่อถือของผู้แทนจำหน่าย ประสบการณ์การร้องเรียนความตั้งใจซื้อซ้ำ การบอกต่อและความภักดีต่อตราสินค้า

3) ควรใช้การวิจัยแบบผสมผสาน โดยเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้บริโภคที่เคยร้องเรียน เคยใช้บริการซ่อม หรือเคยมีประสบการณ์ปัญหาหลังการซื้อ ร่วมกับการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อให้เข้าใจสาเหตุของปัญหาเกี่ยวกับการนัดหมาย การจัดหาอะไหล่ ค่าใช้จ่าย และความเป็นธรรมในการแก้ไขปัญหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: The role of brand loyalty. *Journal of Marketing, 65*(2), 81–93. https://doi.org/10.1509/jmkg.65.2.81.18255

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Delgado-Ballester, E. (2004). Applicability of a brand trust scale across product categories: A multigroup invariance analysis. *European Journal of Marketing, 38*(5/6), 573–592. https://doi.org/10.1108/03090560410529222

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). SAGE Publications.

Garvin, D. A. (1987). Competing on the eight dimensions of quality. *Harvard Business Review, 65*(6), 101–109. https://hbr.org/1987/11/competing-on-the-eight-dimensions-of-quality

Habib, M. D., & Sarwar, M. A. (2021). After-sales services, brand equity and purchasing intention to buy second-hand product. *Rajagiri Management Journal, 15*(2), 129–144. https://doi.org/10.1108/RAMJ-07-2020-0033

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson.

Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, measuring, and managing customer-based brand equity. *Journal of Marketing, 57*(1), 1–22. https://doi.org/10.1177/002224299305700101

Khamitov, M., Rajavi, K., Huang, D.-W., & Hong, Y. (2024). Consumer trust: Meta-analysis of 50 years of empirical research. *Journal of Consumer Research, 51*(1), 7–18. https://doi.org/10.1093/jcr/ucad065

Kish, L. (1965). *Survey sampling*. John Wiley & Sons.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 22*(140), 1–55. https://archive.org/details/likert-1932

Monfort, A., López-Vázquez, B., & Sebastián-Morillas, A. (2025). Building trust in sustainable brands: Revisiting perceived value, satisfaction, customer service, and brand image. *Sustainable Technology and Entrepreneurship, 4*(3), Article 100105. https://doi.org/10.1016/j.stae.2025.100105

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing, 64*(1), 12–40.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch, 2*(2), 49–60. https://eric.ed.gov/?id=ED121845

Sirdeshmukh, D., Singh, J., & Sabol, B. (2002). Consumer trust, value, and loyalty in relational exchanges. *Journal of Marketing, 66*(1), 15–37. https://doi.org/10.1509/jmkg.66.1.15.18449

Sweeney, J. C., & Soutar, G. N. (2001). Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *Journal of Retailing, 77*(2), 203–220. https://doi.org/10.1016/S0022-4359(01)00041-0

Uzir, M. U. H., Bukari, Z., Wahab, S. N., Jerin, I., Rasul, T., & Amin, M. B. (2025). Investigation of customer satisfaction, brand trust and brand loyalty in electronics home appliances: CB-SEM approach. *Social Sciences & Humanities Open, 12*, Article 101943. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101943

Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: A means–end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing, 52*(3), 2–22. https://doi.org/10.1177/002224298805200302

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2568). *รายงานดัชนีความเชื่อมั่นภาคอุตสาหกรรม ประจำเดือนมีนาคม 2568*. https://km.fti.or.th/wp-content/uploads/2025/04/3.-PPT-%E0%B9%81%E0%B8%96%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B8%AF-%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A1-2568.pdf

สำนักงานจังหวัดพิจิตร. (2568). *รายงานการประชุมคณะกรมการจังหวัดและหัวหน้าส่วนราชการจังหวัดพิจิตร ประจำเดือนพฤษภาคม 2568*. https://www.phichit.go.th/phichit/doc/2568/680520-2.pdf

สำนักบริหารการทะเบียน. (2569). *ข้อมูลสถิติทะเบียนราษฎรระดับหมู่บ้าน* [ฐานข้อมูลออนไลน์]. สืบค้น 6 กรกฎาคม 2569, จาก https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByMooBan.php

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี

สหภพ ตรีเนตร์, กรรณสิทธิ์ สระและน้อย, สมคิด ศรีสิงห์ และ ประเชิญ ตรีเนตร์*
คณะรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก
*Corresponding Email: com12plu001@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี 2) เปรียบเทียบความแตกต่างของการมีส่วนร่วมจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล และ 3) ศึกษาข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาแนวทางการมีส่วนร่วมของประชาชน กลุ่มตัวอย่างคือประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองแค จำนวน 388 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบสะดวก เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา t-test, One-way ANOVA และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมประชาชนมีส่วนร่วมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.34, S.D. = 0.77) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือการมีส่วนร่วมในการดำเนินการบริการสาธารณะ รองลงมาคือการใช้และรับบริการ ส่วนด้านที่ต่ำสุดคือการติดตามและประเมินผล ผลการเปรียบเทียบพบว่า ปัจจัยด้านอายุ อาชีพ รายได้ และบทบาททางสังคมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่เพศและระดับการศึกษาไม่แตกต่าง เมื่อทดสอบรายคู่พบว่ากลุ่มผู้สูงอายุ ผู้นำชุมชน กลุ่มรายได้สูง และผู้มีบทบาททางสังคมมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะพบว่า ประชาชนต้องการเพิ่มช่องทางการมีส่วนร่วมผ่านระบบดิจิทัล การพัฒนาการประชาสัมพันธ์ การเปิดโอกาสในการตัดสินใจ การพัฒนากระบวนการติดตามและประเมินผลให้โปร่งใส รวมถึงการส่งเสริมบทบาทผู้นำชุมชนและประชาชนทั่วไปให้มีส่วนร่วมมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มวัยหนุ่มสาว

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วมของประชาชน; การให้บริการสาธารณะ; เทศบาลตำบลหนองแค

Citizen Participation in the Delivery of Public Services by Nong Khae Subdistrict Municipality, Nong Khae District, Saraburi Province

Sahapop Trinatre, Kannasit Sa-laenoi, Somkid Srising, and Prachern Trinatre*
Faculty of Public Administration, Phitsanulok University, Thailand
*Corresponding Email: com12plu001@gmail.com

Abstract

This research aimed to: (1) examine the level of participatory management in public service provision of Nong Khae Municipality, Nong Khae District, Saraburi Province; (2) compare differences in participation according to personal factors; and (3) explore recommendations for developing public participation approaches. The sample consisted of 388 residents in Nong Khae Municipality, selected through convenience sampling. The research instrument was a questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, t-test, one-way ANOVA, and content analysis. The findings revealed that overall public participation was at a moderate level ($\bar{x}$ = 3.34, S.D. = 0.77). The highest mean score was found in participation in service implementation, followed by participation in service utilization, while the lowest was participation in monitoring and evaluation. The comparative analysis showed statistically significant differences at the .05 level in age, occupation, income, and social role, whereas gender and educational level showed no significant differences. Post-hoc analysis indicated that older adults, community leaders, high-income groups, and individuals with social roles had significantly higher levels of participation than other groups. The qualitative findings indicated that residents recommended increasing digital participation channels, improving public communication, expanding opportunities in decision-making, enhancing transparency in monitoring and evaluation processes, and strengthening the roles of community leaders and the general public, particularly younger residents.

Keywords: Citizen Participation; Public Service Delivery; Nong Khae Subdistrict Municipality

1. บทนำ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Local Government) เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการและพัฒนาชุมชนในระดับพื้นที่ โดยทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการกระจายอำนาจจากรัฐบาลส่วนกลางสู่ท้องถิ่น เพื่อให้ประชาชนสามารถมีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการพัฒนาและการบริหารจัดการท้องถิ่นของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบรรดาองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของประเทศไทย เทศบาลถือเป็นองค์กรที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและเป็นรูปแบบการปกครองท้องถิ่นที่มีพัฒนาการมาอย่างยาวนาน นับตั้งแต่สมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ที่ได้มีการจัดตั้งสุขาภิบาลท่าฉลอมขึ้นเป็นแห่งแรกของประเทศไทย อันเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาระบบการปกครองท้องถิ่น ต่อมาในสมัยพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 7 ได้มีการส่งเสริมการปกครองตนเองของประชาชนในท้องถิ่น จนนำไปสู่การตราพระราชบัญญัติจัดระเบียบเทศบาล พ.ศ. 2476 ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของระบบเทศบาลในปัจจุบัน ปัจจุบัน เทศบาลแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง และเทศบาลตำบล โดยมีบทบาทหน้าที่สำคัญในการจัดบริการสาธารณะและพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่รับผิดชอบ ภายใต้หลักการกระจายอำนาจและการปกครองตนเองของท้องถิ่น เทศบาลมีอำนาจหน้าที่ครอบคลุมการจัดบริการด้านการศึกษา การสาธารณสุข การรักษาความสะอาด การจัดการสิ่งแวดล้อม การพัฒนาสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ตลอดจนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น ถนน ระบบประปา ระบบระบายน้ำ และระบบขนส่งสาธารณะ เพื่อให้ประชาชนได้รับบริการที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (รุ่งทิวา แจ่มสว่าง และคณะ, 2568)

การบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมถือเป็นแนวทางการบริหารภาครัฐสมัยใหม่ที่ให้ความสำคัญกับการเปิดโอกาสให้ประชาชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้ามามีบทบาทในกระบวนการบริหารงานภาครัฐในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร การแสดงความคิดเห็น การร่วมวางแผน การตัดสินใจ การดำเนินงาน ตลอดจนการติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมของประชาชนจึงเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารงานภาครัฐ ส่งเสริมความโปร่งใสและความรับผิดชอบในการดำเนินงาน รวมทั้งช่วยให้หน่วยงานภาครัฐสามารถตอบสนองต่อความต้องการและแก้ไขปัญหาของประชาชนได้อย่างตรงประเด็นและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น (พร้อมพล สัมพันธ์โน และศยามล อินทิยศ, 2568) สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยเฉพาะเทศบาล ซึ่งมีภารกิจหลักในการจัดบริการสาธารณะและพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ การบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้การให้บริการสาธารณะมีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนมากยิ่งขึ้น โดยการให้บริการสาธารณะของเทศบาลครอบคลุมภารกิจที่สำคัญหลายด้าน เช่น การจัดการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ การรักษาความสะอาดและการจัดการสิ่งแวดล้อม การสาธารณสุข การศึกษา การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ตลอดจนการส่งเสริมคุณภาพชีวิตและสวัสดิการของประชาชน การเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการบริหารจัดการบริการสาธารณะดังกล่าว จะช่วยให้เทศบาลสามารถรับทราบปัญหา ความ

ต้องการ และข้อเสนอแนะของประชาชนได้อย่างครอบคลุม ส่งผลให้การกำหนดนโยบาย การวางแผน และการดำเนินงานด้านบริการสาธารณะมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ประชาชนอย่างยั่งยืน (วรดาลักษณ์ ธัญจริยะรัตน์ และธีรพล กาญจนากาศ, 2568)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี จะมีบทบาทสำคัญในการจัดบริการสาธารณะและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ แต่จากรายงานผลการดำเนินงานของเทศบาลตำบลหนองแค ประจำปี พ.ศ. 2568 รวมทั้งรายงานการประชุมประชาคมท้องถิ่นและรายงานการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน สะท้อนให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการบริหารจัดการบริการสาธารณะยังมีข้อจำกัดในหลายด้าน โดยเฉพาะการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร การแสดงความคิดเห็น การเสนอข้อเสนอแนะ การมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ ตลอดจนการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานของเทศบาล ซึ่งในบางกิจกรรมมีจำนวนผู้เข้าร่วมหรือระดับการมีส่วนร่วมค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรในพื้นที่ นอกจากนี้ ยังปรากฏข้อร้องเรียนและข้อเสนอแนะของประชาชนเกี่ยวกับการเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร การสื่อสารระหว่างเทศบาลกับประชาชน และการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดบริการสาธารณะ สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนยังสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (เทศบาลตำบลหนองแค, 2568) ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวอาจส่งผลให้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะของประชาชนที่นำมาใช้ประกอบการกำหนดนโยบายและการตัดสินใจด้านการบริหารจัดการบริการสาธารณะยังไม่ครอบคลุมเพียงพอ อีกทั้งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการจัดบริการสาธารณะ ทั้งในด้านการวางแผน การดำเนินงาน การจัดสรรทรัพยากร และการประเมินผลการดำเนินงาน ทำให้การให้บริการสาธารณะบางด้านอาจยังไม่สอดคล้องกับความต้องการและบริบทของประชาชนในพื้นที่อย่างแท้จริง รวมทั้งอาจส่งผลต่อระดับความเชื่อมั่น ความพึงพอใจ และความร่วมมือระหว่างประชาชนกับเทศบาลในการพัฒนาท้องถิ่น

ดังนั้น การศึกษาการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบและระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการบริการสาธารณะ รวมทั้งสามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการบริหารจัดการของเทศบาลให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใส และตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพการให้บริการสาธารณะและการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนในอนาคต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการบริการสาธารณะของเทศบาล

แนวคิดการบริการสาธารณะของเทศบาลตั้งอยู่บนหลักการกระจายอำนาจไปสู่ท้องถิ่น เพื่อให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถจัดบริการที่สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่ได้อย่าง

ใกล้ชิดและมีประสิทธิภาพ โดยยึดประชาชนเป็นศูนย์กลาง มุ่งให้ประชาชนเข้าถึงบริการของรัฐได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และเท่าเทียม การบริการสาธารณะของเทศบาลตั้งอยู่บนหลักสำคัญ ได้แก่ ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ประสิทธิผลในการตอบสนองความต้องการของประชาชน ความโปร่งใสในการดำเนินงาน และความรับผิดชอบต่อผลการปฏิบัติงาน เทศบาลมีภารกิจครอบคลุมด้านโครงสร้างพื้นฐาน สาธารณสุข สิ่งแวดล้อม การศึกษา งานทะเบียนราษฎร และการรักษาความสงบเรียบร้อย เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ ในยุคปัจจุบัน เทศบาลยังนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการให้บริการ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน และพัฒนาการบริหารจัดการเชิงผลลัพธ์ เพื่อให้บริการมีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างยั่งยืน

2.2 ทฤษฎีการมีส่วนร่วมของประชาชน

ทฤษฎีการมีส่วนร่วมของประชาชนสามารถนำมาอธิบายร่วมกับการบริการสาธารณะของเทศบาลได้อย่างเป็นระบบ โดยเทศบาลในฐานะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีบทบาทหลักในการจัดบริการสาธารณะเพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนในพื้นที่ ดังนั้นคุณภาพและประสิทธิภาพของบริการจึงขึ้นอยู่กับระดับและรูปแบบของการมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการบริหารจัดการ ในมิติของ Cohen & Uphoff (1980) การมีส่วนร่วมสามารถเชื่อมโยงกับการบริการสาธารณะของเทศบาลได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจช่วยให้ประชาชนมีบทบาทในการกำหนดนโยบายและแผนพัฒนาของเทศบาล เช่น การจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่น การประชาคม หรือการรับฟังความคิดเห็น ซึ่งทำให้บริการสาธารณะมีความสอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของพื้นที่มากขึ้น การมีส่วนร่วมในการดำเนินงานสะท้อนถึงความร่วมมือระหว่างเทศบาลกับประชาชนในการขับเคลื่อนโครงการ เช่น การพัฒนาชุมชน การดูแลสิ่งแวดล้อม หรือกิจกรรมสาธารณประโยชน์ ขณะที่การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์แสดงถึงการที่ประชาชนได้รับบริการสาธารณะอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม เช่น โครงสร้างพื้นฐาน การศึกษา และสาธารณสุข และการมีส่วนร่วมในการประเมินผลช่วยให้ประชาชนสามารถตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะต่อการดำเนินงานของเทศบาล เพื่อปรับปรุงคุณภาพบริการให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกัน แนวคิดของ Arnstein (1969) สามารถใช้วิเคราะห์ระดับอำนาจของประชาชนในการมีส่วนร่วมกับการบริการสาธารณะของเทศบาลได้ โดยหากประชาชนอยู่ในระดับต่ำ เช่น เพียงรับข้อมูลหรือถูกชักจูง จะสะท้อนว่าการบริการสาธารณะยังคงเป็นลักษณะจากบนลงล่าง (Top-down) แต่หากประชาชนมีส่วนร่วมในระดับสูง เช่น การร่วมตัดสินใจหรือการควบคุมโดยประชาชน จะสะท้อนว่าการบริการสาธารณะของเทศบาลมีความเป็นประชาธิปไตยและตอบสนองต่อประชาชนอย่างแท้จริง นอกจากนี้ แนวคิดของ Pretty (1995) ยังช่วยเสริมให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงของประชาชนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การบริการสาธารณะของเทศบาลเกิดความยั่งยืน เนื่องจากประชาชนมีความเข้าใจบริบทของชุมชนมากที่สุด และสามารถร่วมกำหนดแนวทางการพัฒนาและดูแลบริการสาธารณะได้อย่างเหมาะสม

สรุปได้ว่า การกำหนดองค์ประกอบของการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการบริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค เป็นผลจากการสังเคราะห์แนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen and Uphoff (1980) ซึ่งอธิบายกระบวนการมีส่วนร่วม 4 ขั้นตอน ร่วมกับแนวคิด Arnstein (1969) ที่เน้นระดับของการมีส่วนร่วมของประชาชน และแนวคิดการบริหารจัดการบริการสาธารณะที่มุ่งตอบสนองความต้องการของประชาชน ภายใต้หลักธรรมาภิบาลและการมีส่วนร่วม จึงสรุปองค์ประกอบการมีส่วนร่วมที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาครั้งนี้เป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ 2) การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน 3) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ และ 4) การมีส่วนร่วมในการประเมินผล เนื่องจากองค์ประกอบทั้งสี่ครอบคลุมกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนตลอดวงจรการบริหารจัดการบริการสาธารณะ ตั้งแต่การร่วมกำหนดนโยบาย การร่วมดำเนินงาน การได้รับประโยชน์จากการบริการ และการร่วมติดตามประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของการบริหารงานเทศบาลและเป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พระนักรบ เชื้อวังคำ ชาติชัย อุดมกิจมงคล และสามารถ อัยกร (2569) ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนและคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอดงหลวง จังหวัดมุกดาหาร พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชน คุณภาพการให้บริการและประสิทธิภาพการจัดบริการสาธารณะอยู่ในระดับมาก โดยการมีส่วนร่วมด้านการรับผลประโยชน์ การปฏิบัติการ และการประเมินผล มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดบริการสาธารณะ สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 59.10 ขณะที่คุณภาพการให้บริการสามารถอธิบายได้ร้อยละ 54.60 งานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนและคุณภาพการให้บริการเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และสามารถใช้เป็นกรอบเปรียบเทียบในการศึกษาบริบทของเทศบาลตำบลหนองแค จังหวัดสระบุรี ได้อย่างเหมาะสม

Jiang และ Fan (2025) ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมอย่างมีสำนึกของประชาชนในแพลตฟอร์มดิจิทัลภายใต้กรอบแนวคิด Public Service Logic (PSL) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงข้อความจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้บริการกับหน่วยงานภาครัฐบนแพลตฟอร์มออนไลน์ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนผ่านระบบดิจิทัลมีส่วนสำคัญต่อการสร้างคุณค่าร่วม (value co-creation) และช่วยยกระดับการตอบสนองของหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงคุณภาพของผลลัพธ์ในการให้บริการสาธารณะ โดยเฉพาะการมีส่วนร่วมเชิงรุกของประชาชนที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการให้บริการเพิ่มสูงขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในระบบบริการสาธารณะมิได้จำกัดอยู่เพียงการเป็นผู้รับบริการ แต่เป็นกระบวนการร่วมสร้างคุณค่าระหว่างภาครัฐและประชาชน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาในบริบทแพลตฟอร์มดิจิทัลของเมืองใหญ่ ซึ่งมีความแตกต่างจากบริบทของเทศบาลตำบลที่อาจมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและการเข้าถึงข้อมูล ดังนั้น แนวคิดนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนารูปแบบการมี

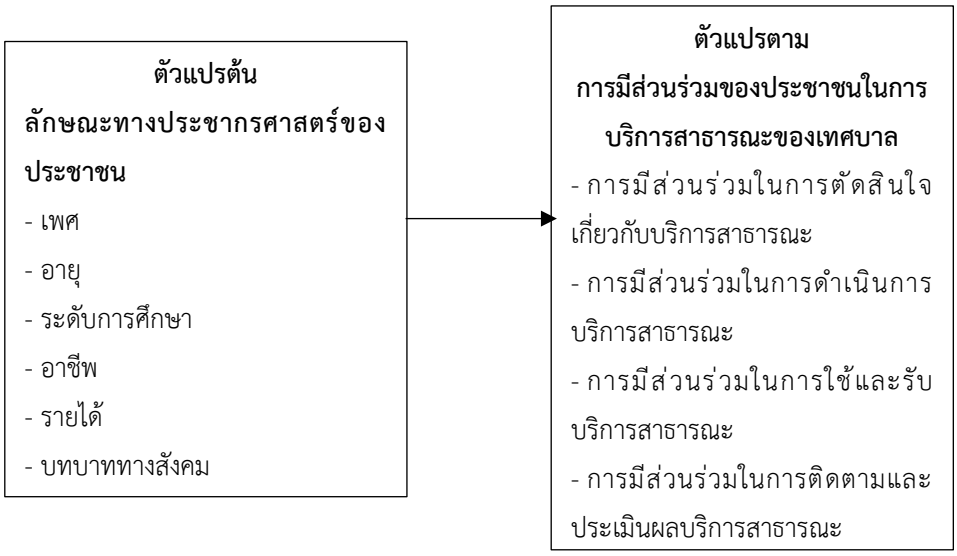
ส่วนร่วมของประชาชนในเทศบาลตำบลหนองแค โดยเน้นการสื่อสารแบบโต้ตอบและการมีส่วนร่วมเชิงรุกเพื่อยกระดับคุณภาพบริการสาธารณะ

Mo และ Beh (2025) ศึกษาผลของการมีส่วนร่วมของประชาชนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ภาครัฐต่อความพึงพอใจและความเชื่อมั่น โดยใช้การวิจัยเชิงเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามผู้ใช้บริการ e-Government ในประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการมีส่วนร่วมแบบ co-production ส่งผลให้ระดับความพึงพอใจและความเชื่อมั่นของประชาชนสูงกว่ารูปแบบการบริหารแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชนยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับการรับรู้คุณภาพบริการของภาครัฐ ผลการวิจัยนี้สะท้อนว่า การออกแบบบริการสาธารณะที่เปิดโอกาสให้ประชาชนมีบทบาทอย่างแท้จริงสามารถเพิ่มความไว้วางใจและความพึงพอใจต่อภาครัฐได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวอยู่ภายใต้บริบทของเมืองที่มีระบบดิจิทัลที่พัฒนาแล้ว ซึ่งอาจแตกต่างจากเทศบาลตำบลที่ยังมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี ดังนั้น แนวคิดนี้สามารถนำมาปรับใช้เพื่อส่งเสริมรูปแบบการมีส่วนร่วมแบบร่วมผลิตบริการ (co-production) ในบริบทเทศบาลตำบลหนองแค

Santolamazza et al. (2025) ศึกษาบทบาทของประชาชนและการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในกระบวนการงบประมาณแบบมีส่วนร่วมของกรุงโรม โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพแบบกรณีศึกษาและการวิเคราะห์เอกสาร ผลการศึกษาพบว่า เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลและเพิ่มจำนวนผู้มีส่วนร่วม แต่ยังคงจำกัดบทบาทของประชาชนให้อยู่ในระดับผู้รับข้อมูลมากกว่าการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจหรือกำหนดนโยบาย ส่งผลให้การมีส่วนร่วมยังไม่สามารถพัฒนาไปสู่การสร้างคุณค่าร่วมได้อย่างเต็มที่ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า แม้เทคโนโลยีดิจิทัลจะช่วยขยายช่องทางการมีส่วนร่วม แต่คุณภาพของการมีส่วนร่วมยังขึ้นอยู่กับระดับอำนาจของประชาชนในกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญต่อการพัฒนาการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมของเทศบาลตำบลหนองแค โดยควรมุ่งเน้นการยกระดับการมีส่วนร่วมจากเพียงการเข้าถึงข้อมูลไปสู่การมีบทบาทในการกำหนดทิศทางการพัฒนาอย่างแท้จริง

วรดาลักษณ์ ธัญจริยะรัตน์ และธีรพล กาญจนากาศ (2568) ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนที่ส่งผลต่อประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะเทศบาลตำบลพิมพา อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนและประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะอยู่ในระดับมาก โดยการมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์กับประสิทธิผลในระดับสูงมาก ($r = .966$) และสามารถพยากรณ์ประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะได้ร้อยละ 93.30 ($R^2 = .933$) แสดงให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการจัดบริการสาธารณะ งานวิจัยนี้เป็นแนวทางสนับสนุนการศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค โดยนำแนวคิด Cohen & Uphoff มาใช้เป็นกรอบในการศึกษาด้านการตัดสินใจ การดำเนินงาน การรับผลประโยชน์ และการประเมินผล

โดยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้ง คือ ประชาชนในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการรับบริการสาธารณะของเทศบาลในด้านต่าง ๆ ของเทศบาล จำนวนทั้งหมด 12,830 คน (เทศบาลตำบลหนองแค, 2569)

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ ประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไปและเคยรับบริการของเทศบาล โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของทาโรยามาเน (Taro Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ได้จำนวน 388 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) จากประชาชนที่สามารถเข้าถึงได้และยินยอมตอบแบบสอบถามในช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย จนได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์จำนวน 388 ชุด ทั้งนี้ วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรทั้งหมด ซึ่งผู้วิจัยได้อภิปรายไว้ในส่วนข้อจำกัดของการวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 การสร้างแบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามเพื่อศึกษาการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ของประชาชน ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชน เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และบทบาททางสังคม

ตอนที่ 2 การบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค ประกอบด้วยขั้นตอนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริการสาธารณะของเทศบาล 4 ด้าน ซึ่งตัวเลือกตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับการมีส่วนร่วม ตามแนวคิดของ Likert (Likert, 1932) ได้แก่ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, และ 1 = น้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค

3.2.2 การตรวจทานคุณภาพของแบบสอบถาม

3.2.2.1 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการบริหารรัฐกิจ การปกครองท้องถิ่น และการวิจัย เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย จากนั้นนำมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item–Objective Congruence: IOC) ผลการตรวจสอบพบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.2.2.2 การทดลองใช้เครื่องมือ (Try Out) และการหาค่าความเชื่อมั่น

หลังจากปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับประชาชนในพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรเป้าหมาย ได้แก่ พื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบความชัดเจนของข้อคำถามและวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) กำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ระดับ 0.70 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.793

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลัก ทั้งในรูปแบบออนไลน์และการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนาม โดยก่อนการเก็บข้อมูลได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการตอบแบบสอบถาม และขอความยินยอมจากผู้ให้ข้อมูล

3.3.2 ตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบสอบถามที่ได้รับคืน และคัดแยกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.3 นำข้อมูลจากแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองแค โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

3.4.2 วิเคราะห์ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ และการมีส่วนร่วมในการประเมินผล โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยทำการแปลผลค่าเฉลี่ยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

4.21–5.00 = มีส่วนร่วมระดับมากที่สุด

3.41–4.20 = มีส่วนร่วมระดับมาก

2.61–3.40 = มีส่วนร่วมระดับปานกลาง

1.51–2.60 = มีส่วนร่วมระดับน้อย

1.00–1.50 = มีส่วนร่วมระดับน้อยที่สุด

3.4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชน โดยใช้สถิติ Independent Samples t-test สำหรับตัวแปร 2 กลุ่ม และ One-Way Analysis of Variance (One-Way ANOVA) สำหรับตัวแปรที่มีมากกว่า 2 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ทั้งนี้ กำหนดสมมติฐานการวิจัยว่า ประชาชนที่มีปัจจัยส่วนบุคคลแตกต่างกัน มีระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแคแตกต่างกัน หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบรายคู่ด้วยวิธี Scheffé’s Method

3.4.4 สรุปข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อนำเสนอแนวทางการพัฒนาอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับบริบทพื้นที่ศึกษา

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 388 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็น เพศหญิง จำนวน 210 คน คิดเป็นร้อยละ 54.10 มีอายุ 40–59 ปี จำนวน 165 คน คิดเป็นร้อยละ 42.50 สำเร็จการศึกษาระดับ มัธยมศึกษาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 35.10 ประกอบอาชีพ รับจ้าง จำนวน 98 คน คิดเป็นร้อยละ 25.30 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001–20,000 บาท จำนวน 151 คน คิดเป็นร้อยละ 38.90 และมีบทบาททางสังคมเป็น สมาชิกชุมชนทั่วไป จำนวน 259 คน คิดเป็นร้อยละ 66.80

4.1 ผลการวิเคราะห์ระดับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการให้บริการสาธารณะ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการมีส่วนร่วม	จัดอันดับ
1. การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับบริการสาธารณะ	3.32	0.79	ปานกลาง	3
2. การมีส่วนร่วมในการดำเนินการบริการสาธารณะ	3.45	0.74	มาก	1
3. การมีส่วนร่วมในการใช้และรับบริการสาธารณะ	3.41	0.76	มาก	2
4. การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลบริการสาธารณะ	3.18	0.81	ปานกลาง	4
เฉลี่ยรวม	**3.34**	**0.77**	**ปานกลาง**	

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี พบว่า โดยภาพรวมประชาชนมีส่วนร่วมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.34, S.D. = 0.77) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในการดำเนินการบริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.45, S.D. = 0.74) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการใช้และรับบริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.41, S.D. = 0.76) อยู่ในระดับมาก และ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับบริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.32, S.D. = 0.79) อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลบริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.18, S.D. = 0.81) อยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาในรายประเด็น สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ระดับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินการบริการสาธารณะมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.45, S.D. = 0.74) อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ประชาชนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการบริการสาธารณะของเทศบาล เช่น กิจกรรมพัฒนาชุมชน การรักษาความสะอาด และกิจกรรมสาธารณประโยชน์ ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.72) รองลงมา คือ ประชาชนมีส่วนร่วมในการสนับสนุนการดำเนินงานของเทศบาลในพื้นที่ ($\bar{x}$ = 3.44, S.D. = 0.73) และประชาชนมีความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่เทศบาลในการดำเนินโครงการบริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.33, S.D. = 0.77) ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ประชาชนมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องในการติดตามสนับสนุนการดำเนินงานของโครงการในระยะยาว

ด้านการมีส่วนร่วมในการใช้และรับบริการสาธารณะมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 3.41, S.D. = 0.76) อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ประชาชนมีการใช้บริการสาธารณะของเทศบาลอย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้บริการด้านโครงสร้างพื้นฐานและการจัดการสิ่งแวดล้อม ($\bar{x}$ = 3.55, S.D. = 0.74) รองลงมา คือ ประชาชนได้รับประโยชน์จากการบริการสาธารณะของเทศบาลอย่างทั่วถึง ($\bar{x}$ = 3.42, S.D. = 0.76) และประชาชนมีความพึงพอใจต่อการรับบริการสาธารณะของเทศบาล ($\bar{x}$ = 3.26, S.D. = 0.78) ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ระดับความพึงพอใจของประชาชนต่อคุณภาพการให้บริการในบางด้าน

ด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับบริการสาธารณะมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 3.32, S.D. = 0.79) อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ประชาชนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อโครงการหรือกิจกรรมของเทศบาล ($\bar{x}$ = 3.45, S.D. = 0.77) รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการประชาคมหรือเวทีรับฟังความคิดเห็นของเทศบาล ($\bar{x}$ = 3.31, S.D. = 0.80) และการมีส่วนร่วมในการเสนอแนะแนวทางการพัฒนาบริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.20, S.D. = 0.81) ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเชิงนโยบายหรือการกำหนดทิศทางการพัฒนาของเทศบาล

ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลบริการสาธารณะมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 3.18, S.D. = 0.81) อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ การติดตามผลการดำเนินงานของเทศบาลผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น สื่อประชาสัมพันธ์หรือสื่อออนไลน์ ($\bar{x}$ = 3.28, S.D. = 0.79) รองลงมา คือ การให้ข้อเสนอแนะหรือสะท้อนปัญหาเกี่ยวกับการให้บริการสาธารณะ ($\bar{x}$ = 3.17, S.D. = 0.82) และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการดำเนินงานของเทศบาล ($\bar{x}$ = 3.09, S.D. = 0.83) ส่วนประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การมีส่วนร่วมในการประเมินผลการดำเนินงานของเทศบาลอย่างเป็นระบบ

4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชน โดยใช้สถิติทดสอบ T-test และ F-test สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะในภาพรวม

ปัจจัย	ค่าสถิติ	Sig.	ผลการทดสอบ
ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของประชาชน			
เพศ	t = 1.382	.169	ไม่แตกต่าง
อายุ	F = 3.945	.009	แตกต่าง*
ระดับการศึกษา	F = 2.117	.098	ไม่แตกต่าง
อาชีพ	F = 4.512	.004	แตกต่าง*
รายได้	F = 3.268	.021	แตกต่าง*
บทบาททางสังคม	F = 5.036	.002	แตกต่าง*

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชน พบว่า เพศแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อระดับการมีส่วนร่วมไม่แตกต่างกัน (t = 1.382, Sig. = .169) ในขณะที่อายุ พบว่า ประชาชนที่มีอายุแตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 3.945, Sig. = .009) ระดับการศึกษา พบว่า ประชาชนที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมไม่แตกต่างกัน (F = 2.117, Sig. = .098) อาชีพ พบว่า ประชาชนที่มีอาชีพแตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 4.512, Sig. = .004) รายได้ พบว่า ประชาชนที่มีรายได้แตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 3.268, Sig. = .021) และบทบาททางสังคม พบว่า ประชาชนที่มีบทบาททางสังคมแตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 5.036, Sig. = .002)

จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชน ในตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยด้านอายุ อาชีพ รายได้ และบทบาททางสังคมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จึงนำมาสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Post Hoc Analysis) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

. ตัวแปรอายุ พบว่า กลุ่มวัยสูงอายุมีระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการบริการสาธารณะของเทศบาลสูงกว่ากลุ่มวัยหนุ่มสาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเท่ากับ 0.42 (Mean Difference = +0.42, Sig. = .003) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มอายุที่แตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกัน โดยกลุ่มผู้สูงอายุมีแนวโน้มเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะมากกว่า

ตัวแปรอาชีพ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้นำชุมชนกับกลุ่มเกษตรกร พบว่ากลุ่มผู้นำชุมชนมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเท่ากับ 0.55 (Mean Difference = +0.55, Sig. = .001) สะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มอาชีพที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการประสานงานและการดำเนินงานในชุมชนมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างจากกลุ่มอาชีพทั่วไป

ตัวแปรรายได้ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีรายได้สูงกับกลุ่มที่มีรายได้ต่ำ พบว่ากลุ่มที่มีรายได้สูงมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเท่ากับ 0.38 (Mean Difference = +0.38, Sig. = .014) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มรายได้ที่แตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกัน โดยกลุ่มรายได้สูงมีแนวโน้มเข้าร่วมกิจกรรมของเทศบาลมากกว่า

ตัวแปรบทบาททางสังคม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้นำชุมชนและคณะกรรมการหมู่บ้านกับประชาชนทั่วไป พบว่ากลุ่มผู้นำชุมชนและคณะกรรมการหมู่บ้านมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเท่ากับ 0.63 (Mean Difference = +0.63, Sig. < .001) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่มีบทบาททางสังคมแตกต่างกันมีระดับการมีส่วนร่วมแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีบทบาทในชุมชนมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่า

ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยจำแนกและจัดกลุ่มความคิดเห็นตามองค์ประกอบของการมีส่วนร่วม 4 ด้าน พบว่ามีผู้ให้ข้อเสนอแนะจำนวน 150 คน จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 388 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถามสามารถแสดงความคิดเห็นได้มากกว่า 1 ประเด็น ได้ผลสรุปดังนี้

ด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับบริการสาธารณะ พบว่า ประชาชนเสนอให้มีการเปิดโอกาสในการเข้าร่วมแสดงความคิดเห็นและเสนอแนวทางในการพัฒนาโครงการของเทศบาลมากขึ้น จำนวน 104 คน คิดเป็นร้อยละ 69.33 นอกจากนี้ยังเสนอให้มีการจัดเวทีประชาคมหรือช่องทางรับฟังความคิดเห็นที่หลากหลายและเข้าถึงง่าย จำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 60.67 รวมทั้งการพัฒนาช่องทางดิจิทัล เช่น ระบบออนไลน์หรือสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อใช้ในการแสดงความคิดเห็นและเสนอแนวทางการพัฒนา จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 78.67 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการของประชาชนในการมีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางและการตัดสินใจของเทศบาลมากยิ่งขึ้น

ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินการบริการสาธารณะ พบว่า ประชาชนมีข้อเสนอแนะให้ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมของเทศบาล เช่น การพัฒนาชุมชน การรักษาความสะอาด และกิจกรรมสาธารณประโยชน์ จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 รวมถึงการสนับสนุนให้ผู้นำชุมชนและประชาชนทั่วไปเข้ามามีบทบาทในการประสานงานและดำเนินงานร่วมกับเทศบาลอย่างต่อเนื่อง จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 52.67 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการมีส่วนร่วมในระดับการปฏิบัติจริงมากขึ้น

ด้านการมีส่วนร่วมในการใช้และรับบริการสาธารณะ พบว่า ประชาชนเสนอให้เทศบาลปรับปรุงคุณภาพการให้บริการให้มีความรวดเร็ว โปร่งใส และเข้าถึงได้ง่าย จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 49.33

รวมทั้งการพัฒนาช่องทางการให้บริการและการสื่อสารที่มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น ระบบออนไลน์และสื่อดิจิทัล จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 45.33 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความคาดหวังของประชาชนต่อคุณภาพการให้บริการสาธารณะของเทศบาล

ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลบริการสาธารณะ พบว่า ประชาชนเสนอให้มีการพัฒนากระบวนการติดตามและประเมินผลโครงการของเทศบาลให้มีความโปร่งใสและสามารถตรวจสอบได้ จำนวน 96 คน คิดเป็นร้อยละ 64.00 รวมทั้งการเปิดช่องทางให้ประชาชนสามารถสะท้อนปัญหาและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการดำเนินงานของเทศบาลได้อย่างต่อเนื่อง จำนวน 61 คน คิดเป็นร้อยละ 40.67 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการมีส่วนร่วมในการตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงานของภาครัฐในระดับท้องถิ่น

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะของเทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี พบว่า โดยภาพรวมประชาชนมีระดับการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การมีส่วนร่วมในการดำเนินการและการใช้บริการอยู่ในระดับมาก ขณะที่การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจและการติดตามประเมินผลอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าประชาชนส่วนใหญ่มีบทบาทในลักษณะของผู้เข้าร่วมกิจกรรมและผู้รับบริการมากกว่าการมีส่วนร่วมในเชิงกำหนดนโยบายหรือการกำกับติดตาม ทั้งนี้ การมีส่วนร่วมในระดับสูงยังมีข้อจำกัดในด้านช่องทางการเข้าถึงข้อมูลและโอกาสในการมีบทบาทเชิงนโยบาย นอกจากนี้ ด้านการติดตามและประเมินผลมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าประชาชนยังมีส่วนร่วมในกระบวนการตรวจสอบผลการดำเนินงานค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุจากข้อจำกัดด้านระบบข้อมูลข่าวสารและกลไกการมีส่วนร่วมที่ยังไม่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมในระดับดังกล่าว เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของชุติมา สืบสาย และพระมหาเอกกวิน ปิยวีโรอะชิ่ม (2568) เรื่องการมีส่วนร่วมของประชาชนในการกำหนดนโยบายสาธารณะขององค์การบริหารส่วนตำบลช้างกลาง พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานและการติดตามประเมินผล ขณะที่ด้านการร่วมคิดและการรับผลประโยชน์มีระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าประชาชนมีบทบาทแตกต่างกันในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการนโยบายสาธารณะ

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองพื้นที่จะพบว่า แม้รูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนจะมีลักษณะคล้ายกันในมิติของกระบวนการนโยบายและการบริการสาธารณะ แต่ระดับความเข้มข้นของการมีส่วนร่วมแตกต่างกัน โดยกรณีองค์การบริหารส่วนตำบลช้างกลางมีระดับการมีส่วนร่วมโดยรวมสูงกว่า และเน้นบทบาทด้านการตัดสินใจมากกว่า ในขณะที่กรณีเทศบาลตำบลหนองแคยังคงสะท้อนการมีส่วนร่วมเชิงปฏิบัติ

และการใช้บริการเป็นหลัก มากกว่าการมีส่วนร่วมเชิงนโยบายและการกำกับติดตาม ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของบริบทพื้นที่ ช่องทางการมีส่วนร่วม และกลไกการสื่อสารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละแห่ง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมในการให้บริการสาธารณะในภาพรวม พบว่า ปัจจัยด้านอายุ อาชีพ รายได้ และบทบาททางสังคมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เพศและระดับการศึกษาไม่พบความแตกต่าง ในด้านอายุ พบว่ากลุ่มผู้สูงอายุมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่ากลุ่มวัยหนุ่มสาว ซึ่งอาจเนื่องมาจากความผูกพันกับชุมชนและการมีเวลามากกว่าในการเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะ สะท้อนให้เห็นว่าปัจจัยด้านช่วงวัยมีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมอย่างชัดเจน ด้านอาชีพ พบว่าผู้นำชุมชนมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่ากลุ่มเกษตรกรและผู้รับจ้างทั่วไป เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีบทบาทหน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการประสานงานและการดำเนินงานร่วมกับหน่วยงานท้องถิ่น สำหรับรายได้ พบว่ากลุ่มที่มีรายได้สูงมีระดับการมีส่วนร่วมมากกว่ากลุ่มรายได้น้อย ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความพร้อมด้านทรัพยากร เวลา และโอกาส ส่งผลต่อการเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของเทศบาล ในส่วนของบทบาททางสังคม พบว่าผู้นำชุมชนและคณะกรรมการหมู่บ้านมีระดับการมีส่วนร่วมสูงกว่าประชาชนทั่วไปอย่างเด่นชัด เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีหน้าที่และความรับผิดชอบโดยตรงในการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างประชาชนกับเทศบาล ดังนั้นควรมีการสร้างกลุ่มแกนนำในชุมชนเพื่อยกระดับความร่วมมือในทุกมิติในการให้บริการสาธารณะ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของธีรยุทธ อุดมพร และอรพรรณ อุดมพร (2568) ที่พบว่า การมีส่วนร่วมของแกนนำชุมชนมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการมูลฝอย โดยภายหลังการดำเนินงานแบบมีส่วนร่วม กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ เจตคติ การปฏิบัติ และระดับการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะพบว่า ประชาชนให้ความสำคัญสูงสุดกับการเพิ่มช่องทางการมีส่วนร่วมผ่านระบบดิจิทัล รองลงมาคือการพัฒนาการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร และการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจมากขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงความต้องการเข้าถึงข้อมูลและการมีส่วนร่วมที่สะดวก รวดเร็ว และทันสมัย นอกจากนี้ ยังมีข้อเสนอให้ปรับปรุงกระบวนการติดตามและประเมินผลให้มีความโปร่งใสและตรวจสอบได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่พบว่าด้านดังกล่าวมีระดับการมีส่วนร่วมต่ำที่สุด แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนากลไกการมีส่วนร่วมในมิติการตรวจสอบและประเมินผลอย่างเป็นระบบ

ข้อจำกัดของการวิจัยในครั้งนี้ คือ การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) จึงอาจทำให้กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ ผลการวิจัยจึงควรตีความภายใต้บริบทของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา และควรมีการศึกษาครั้งต่อไปโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบอาศัยหลักความน่าจะเป็น เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลไปยังประชากร

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ประชาชนในพื้นที่เทศบาลตำบลหนองแค อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ที่ได้สละเวลาอันมีค่าและให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดียิ่ง ข้อมูลที่ได้รับจากทุกท่านถือเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สามารถดำเนินการและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

ชุติมา สืบสาย และพระมหาเอกกวิน ปิยวีโรอะชิ่ม. (2568). การมีส่วนร่วมของประชาชนในการกำหนดนโยบายสาธารณะขององค์การบริหารส่วนตำบลช้างกลาง อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารมณีเชษฐาราม วัดจอมมณี, 8(6), 900–914.

เทศบาลตำบลหนองแค. (2569). ข้อมูลสภาพทั่วไป. สืบค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม 2569, จาก https://nongkhae.go.th/public/index.php/list/data/index/menu/1144.

เทศบาลตำบลหนองแค. (2568). การเปิดโอกาสให้เกิดการมีส่วนร่วม ปีงบประมาณ 2568. https://nongkhae.go.th/public/list/data/detail/id/865/menu/1729/page/1.

ธีรยุทธ อุดมพร, & อรพรรณ อุดมพร. (2568). การจัดการมูลฝอยโดยอาศัยการมีส่วนร่วมของแกนนำชุมชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลจอหอ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation, 4(1), 39–52.

พร้อมพล สัมพันธ์โน และศยามล อินทิยศ. (2568). การมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชนระดับท้องถิ่นกับการพัฒนาธรรมาภิบาล. วารสารอาร์แสง, 1(2), 61–70.

พระนักรบ เชื้อวังคำ, ชาติชัย อุดมกิจมงคล, และสามารถ อัยกร. (2569). การมีส่วนร่วมของประชาชนและคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอำเภอดงหลวง จังหวัดมุกดาหาร. วารสารการบริหาร การจัดการ และการพัฒนาที่ยั่งยืน, 4(1), 33–48.

รุ่งทิวา แจ่มสว่าง, ณัฐดนัย แก้วโพนงาม, และ ธรรมรัตน์ โรมแพน. (2568). ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากรขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: กรณีศึกษาเทศบาลตำบลบ้านแก้ง อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย, 8(1), 154–174.

วรดาลักษณ์ ธัญจริยะรัตน์ และธีรพล กาญจนากาศ. (2568). การมีส่วนร่วมของประชาชนที่ส่งผลต่อประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะของเทศบาลตำบลพิมพา อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารศรีสุวรรณภูมิปริทรรศน์, 3(3), 100–110.

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. Journal of the American Institute of Planners, 35(4), 216–224.

Cohen, J. M., & Uphoff, N. T. (1980). Participation's place in rural development: Seeking clarity through specificity. World Development, 8, 213–235.

Jiang, M., & Fan, B. (2025). Citizens' conscious engagement in digital platforms: advancing public service delivery within the public service logic framework. Public Management Review, 27(11), 2566-2584.

Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitude. Archives of Psychology 140: 1-55.

Mo, H., & Beh, L. S. (2025). Impact of citizen participation through e-government platforms on satisfaction and trust. International Journal of Electronic Governance, 17(1), 86-105.

Pretty, J. N. (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. World Development, 23(8), 1247–1263. https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F.

Santolamazza, V., Mattei, G., & Grandis, F. G. (2025). Citizens' role and digitalisation in the participatory budgeting to create public value: the case of Rome. International Journal of Public Sector Management, 38(7), 757-782.

Yamane, T. (1973) Statistics: An Introductory Analysis. 3rd Edition, Harper and Row, New York.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

เกศนี ปานพลอย[1*]และสุปภาดา ภูรีพงศ์[2]

[1*]นักศึกษาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก
[2]อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก
*E-mail: peakyjay05@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0802514465

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร 2) ศึกษาปัจจัยการตลาดดิจิทัลที่ส่งผลเชิงพยากรณ์ต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค และ 3) ศึกษาคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ที่ส่งผลเชิงพยากรณ์ต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ กลุ่มตัวอย่างคือผู้บริโภคที่เคยซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ผลิตในจังหวัดพิจิตร จำนวน 400 คน คัดเลือกแบบเจาะจงร่วมกับการกำหนดโควตา เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าพร้อมกัน

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยรวมอยู่ในระดับมาก การวิเคราะห์ถดถอยใช้ 2 สมการแยกกัน โดยมีความพึงพอใจเป็นตัวแปรตามเดียวกัน สมการที่ 1 ใช้ปัจจัยการตลาดดิจิทัล 4 ด้านเป็นตัวแปรพยากรณ์ และอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจได้ร้อยละ 40.70 (R^2 = .407) โดยคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์ และการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสมการที่ 2 ใช้คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ 4 ด้านเป็นตัวแปรพยากรณ์ และอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 51.30 (R^2 = .513) โดยคุณค่าด้านสังคมและชุมชน คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย และคุณค่าด้านอารมณ์ มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าร้อยละทั้งสองจึงแสดงอำนาจอธิบายของตัวแปรแต่ละชุด มิใช่อำนาจอธิบายร่วมกันของปัจจัยทั้งสองชุด ผู้ประกอบการจึงควรพัฒนาข้อมูลสินค้าให้ชัดเจนและน่าเชื่อถือ ตอบสนองผ่านช่องทางออนไลน์ และสื่อสารอัตลักษณ์รวมทั้งคุณค่าที่ผลิตภัณฑ์สร้างแก่ชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การตลาดดิจิทัล; คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้; ความพึงพอใจของผู้บริโภค; ผลิตภัณฑ์ชุมชน

ABSTRACT

This research aimed to: 1) examine the levels of digital marketing factors, perceived product value, and consumer satisfaction with community products in Phichit Province; 2) investigate the digital marketing factors affecting consumer satisfaction; and 3) examine the effects of perceived product value on consumer satisfaction. This study employed a

quantitative survey research design. The sample consisted of 400 consumers who had purchased or used community products or One Tambon One Product (OTOP) products produced in Phichit Province. Participants were selected through purposive sampling combined with quota sampling. A questionnaire was used for data collection. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and enter multiple regression analysis.

The findings revealed that digital marketing factors, perceived product value, and consumer satisfaction were overall at a high level. Two separate regression models used consumer satisfaction as the dependent variable. Model 1 used the four digital marketing dimensions and explained 40.70% of its variance (R^2 = .407); content quality and usefulness, credibility of information and online reviews, and online communication and interaction had significant positive effects. Model 2 used the four perceived product-value dimensions and explained 51.30% of the variance (R^2 = .513); social and community value, functional value, and emotional value had significant positive effects. The two percentages therefore represent the explanatory power of each predictor set, not their combined power. Entrepreneurs should provide clear and credible information, respond through online channels, and communicate product identity and community-related value concretely.

Keyword: Digital marketing; Perceived product value; Consumer satisfaction; Community products

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ชุมชนเป็นผลจากการนำทรัพยากร ภูมิปัญญา ทักษะฝีมือ วิถีชีวิต และอัตลักษณ์ท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นสินค้าและบริการ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม รายได้ และความเข้มแข็งแก่เศรษฐกิจฐานราก โครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tambon One Product: OTOP) จึงมิได้มุ่งส่งเสริมการจำหน่ายสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่ยังสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพสินค้า การสืบทอดทุนทางวัฒนธรรม และการกระจายประโยชน์สู่ชุมชน อย่างไรก็ตาม การแข่งขันในปัจจุบันทำให้ผู้บริโภคประเมินผลิตภัณฑ์จากทั้งคุณภาพ ราคา ประโยชน์ใช้สอย ความน่าเชื่อถือของข้อมูล ประสบการณ์ซื้อ และคุณค่าทางสังคมที่ได้รับ การเข้าใจปัจจัยที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจ จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ตอบสนองตลาดได้อย่างยั่งยืน (สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร, 2569)

จังหวัดพิจิตรได้รับเลือกเป็นพื้นที่ศึกษาเพราะมีผลิตภัณฑ์ชุมชนหลายประเภทที่เชื่อมโยงกับฐานเกษตรกรรม ภูมิปัญญา และอัตลักษณ์ของพื้นที่ เช่น อาหารและสินค้าเกษตรแปรรูป เครื่องดื่ม ผ้า งานหัตถกรรม ของใช้ และผลิตภัณฑ์สมุนไพร ขณะเดียวกัน หน่วยงานในจังหวัดมีการส่งเสริมการยกระดับผลิตภัณฑ์ การสร้างเครือข่ายตลาด และการใช้ช่องทางดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร, 2569) บริบทดังกล่าวทำให้ผู้บริโภคพบสินค้าได้ทั้งจากตลาดชุมชน งานแสดงสินค้า ร้านค้า Facebook, LINE, TikTok และแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การใช้ช่องทางออนไลน์และออฟไลน์ควบคู่กันนี้ทำให้จังหวัดพิจิตร เป็นพื้นที่ที่เหมาะสำหรับศึกษาว่าการสื่อสารดิจิทัลและคุณค่าที่ผู้บริโภครับรู้สัมพันธ์กับความพึงพอใจจากประสบการณ์ซื้อและใช้สินค้าจริงอย่างไร อีกทั้งผลการศึกษายังสามารถใช้เป็นข้อมูล

เฉพาะพื้นที่สำหรับผู้ประกอบการและหน่วยงานสนับสนุน ซึ่งไม่ควรอาศัยข้อค้นพบจากจังหวัดอื่นมาประยุกต์ใช้โดยไม่พิจารณาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ ช่องทางจำหน่าย และฐานผู้บริโภค

ในเชิงแนวคิด การตลาดดิจิทัลครอบคลุมการบริหารข้อมูล เนื้อหา จุดสัมผัส และปฏิสัมพันธ์กับผู้บริโภคตลอดเส้นทางการซื้อ ตั้งแต่การค้นหาข้อมูล เปรียบเทียบทางเลือก ติดต่อผู้ขาย สั่งซื้อ ชำระเงิน รับสินค้า จนถึงการใช้สินค้าภายหลังการซื้อ (Kannan & Li, 2017; Lemon & Verhoef, 2016) ดังนั้น คุณภาพและประโยชน์ของเนื้อหา การตอบสนองออนไลน์ ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิว ตลอดจนความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อ จึงอาจกำหนดความคาดหวังและประสบการณ์ของผู้บริโภค ขณะเดียวกัน ความพึงพอใจไม่ได้เกิดจากการสื่อสารเพียงด้านเดียว แต่ขึ้นอยู่กับคุณค่าที่ผู้บริโภครับรู้จากประโยชน์ใช้สอย ความคุ้มค่า ความรู้สึกเชิงบวก และความหมายทางสังคมหรือชุมชน (Zeithaml, 1988; Sweeney & Soutar, 2001) เมื่อผลที่ได้รับจริงสอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวัง ผู้บริโภคจึงมีแนวโน้มเกิดความพึงพอใจ (Oliver, 1980)

เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าส่วนหนึ่งมุ่งพัฒนากลยุทธ์หรือแพลตฟอร์มการตลาดดิจิทัลสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน (จิตาพัชญ์ ใยเทศ และคณะ, 2566; สมาภรณ์ นวลสุทธิ์ และคณะ, 2567) บางงานศึกษาผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มวิสาหกิจเฉพาะพื้นที่ (ชัยวิชญ์ ม่วงหมี และณุศณี มีแก้วกุญชร, 2567) หรือมุ่งอธิบายความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนและการตัดสินใจซื้อผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (นงนุช ไชยผาสุข, 2568; Nimtrakool & Saisanit, 2023) งานเหล่านี้ให้ความรู้สำคัญด้านช่องทางและการตัดสินใจซื้อ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านขอบเขตพื้นที่ ประเภทผลิตภัณฑ์ และผลลัพธ์ที่ศึกษา โดยเฉพาะยังไม่ชัดเจนว่า สำหรับผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร ปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์หลายมิติสามารถอธิบายความพึงพอใจภายหลังการซื้อและใช้สินค้าได้มากน้อยเพียงใด จึงยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เชื่อมประสบการณ์ดิจิทัล คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย ราคา อารมณ์ และสังคมกับความพึงพอใจในบริบทพื้นที่เดียวกัน

ความใหม่ของการวิจัยนี้จึงมิได้อยู่ที่ตัวแปรการตลาดดิจิทัลหรือคุณค่าผลิตภัณฑ์โดยลำพัง ซึ่งมีการศึกษามาก่อนแล้ว แต่อยู่ที่การพิจารณาตัวแปรทั้งสองชุดควบคู่กันเพื่ออธิบายความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีประสบการณ์ซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชนหลายประเภทในจังหวัดพิจิตร และการวิเคราะห์สมการถดถอยแยกกันภายใต้กลุ่มตัวอย่างและตัวแปรตามเดียวกัน เพื่อแสดงอำนาจการพยากรณ์และปัจจัยสำคัญภายในแต่ละชุดอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ผลจากสองสมการใช้เปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายของแต่ละชุดในเชิงพรรณนา มิใช่ผลรวมของตัวแปรทั้งสองชุดในแบบจำลองเดียว ข้อค้นพบจะช่วยให้ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดลำดับการพัฒนาคุณภาพเนื้อหา ความน่าเชื่อถือ การตอบสนองออนไลน์ ประโยชน์ใช้สอย และคุณค่าต่อชุมชนได้ตรงกับการรับรู้ของผู้บริโภคมากขึ้น อันนำไปสู่การเพิ่มความพึงพอใจ และขีดความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

2. เพื่อศึกษาปัจจัยการตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

3. เพื่อศึกษาคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

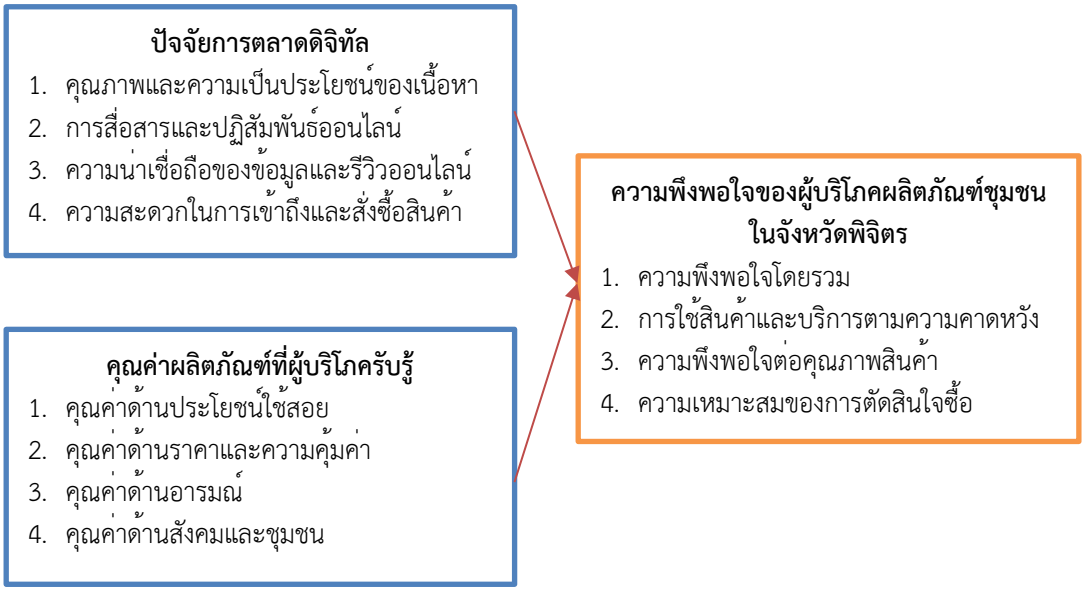
สมมติฐานการวิจัย

1. ปัจจัยการตลาดดิจิทัลส่งผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ส่งผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ประยุกต์ใช้แนวคิดการตลาดดิจิทัล แนวคิดคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง เพื่ออธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร โดยมุ่งพิจารณาว่าผู้บริโภครับรู้และประเมินประสบการณ์จากข้อมูลสินค้า การติดต่อสื่อสาร การสั่งซื้อ คุณภาพสินค้า และคุณค่าที่ได้รับอย่างไร

แนวคิดการตลาดดิจิทัลของ Kannan และ Li (2017) อธิบายว่า การตลาดดิจิทัลเป็นการใช้เทคโนโลยีและช่องทางออนไลน์เพื่อสร้างคุณค่า สื่อสาร และสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้บริโภคตลอดเส้นทางการซื้อ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดประสบการณ์ลูกค้าของ Lemon และ Verhoef (2016) ที่เห็นว่าความรู้สึกของผู้บริโภคเกิดขึ้นตั้งแต่การค้นหาข้อมูล การเปรียบเทียบสินค้า การติดต่อผู้ขาย การชำระเงิน การจัดส่ง จนถึงการใช้สินค้าภายหลังการซื้อ ดังนั้น การตลาดดิจิทัลในการวิจัยนี้จึงประกอบด้วยคุณภาพและความเป็น

ประโยชน์ของเนื้อหา การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์ ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์ รวมถึงความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า

สำหรับแนวคิดคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ Zeithaml (1988) เสนอว่า คุณค่าเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างประโยชน์ที่ผู้บริโภคได้รับกับสิ่งที่ต้องเสียไป เช่น ราคา เวลา ความพยายาม และความเสี่ยงในการซื้อสินค้า ขณะที่ Sweeney และ Soutar (2001) อธิบายคุณค่าผลิตภัณฑ์ผ่าน 4 มิติ ได้แก่ คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย คุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า คุณค่าด้านอารมณ์ และคุณค่าด้านสังคม สำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน คุณค่าดังกล่าวไม่ได้จำกัดเฉพาะคุณภาพหรือราคา แต่ยังรวมถึงความภาคภูมิใจ ความเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น และความรู้สึกว่าการซื้อสินค้าช่วยสนับสนุนผู้ผลิตและเศรษฐกิจชุมชน

นอกจากนี้ ทฤษฎีการยืนยันความคาดหวังของ Oliver (1980) อธิบายว่า ผู้บริโภคจะเกิดความพึงพอใจเมื่อผลลัพธ์ที่ได้รับจริงเป็นไปตามหรือสูงกว่าความคาดหวังก่อนซื้อ ในบริบทผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้อมูลภาพสินค้า วิดีโอ รีวิว ราคา การตอบข้อซักถาม และเงื่อนไขการจัดส่งที่เผยแพร่ผ่านช่องทางดิจิทัลล้วนมีอิทธิพลต่อการสร้างความคาดหวังของผู้บริโภค หากสินค้าและบริการที่ได้รับมีคุณภาพตรงตามข้อมูล สะดวกในการซื้อ และให้คุณค่าที่เหมาะสม ผู้บริโภคย่อมเกิดความพึงพอใจมากขึ้น

โดยสรุป การตลาดดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพช่วยให้ผู้บริโภครับรู้ข้อมูลที่ชัดเจน เชื่อถือได้ และเข้าถึงสินค้าได้สะดวก ขณะที่คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ช่วยสะท้อนประโยชน์ ความคุ้มค่า ความรู้สึกเชิงบวก และคุณค่าต่อชุมชน เมื่อตัวแปรทั้งสองสามารถตอบสนองหรือเกินกว่าความคาดหวังของผู้บริโภค จึงคาดว่าจะส่งผลให้เกิดความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประเภทการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภคที่เคยซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ผลิตในจังหวัดพิจิตร ภายในระยะเวลา 12 เดือนก่อนตอบแบบสอบถาม

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริโภคที่มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป อาศัยอยู่ในจังหวัดพิจิตร หรือเป็นผู้ที่ซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผลิตในจังหวัดพิจิตร และเคยใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวภายในระยะเวลา 12 เดือนก่อนตอบแบบสอบถาม เนื่องจากไม่มีฐานข้อมูลกลางที่สามารถระบุจำนวนผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรได้อย่างครบถ้วนแน่นอน ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Cochran สำหรับประชากรที่ไม่ทราบจำนวนแน่นอน โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกิน .05

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Cochran (1977) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

เมื่อกำหนดให้

n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

Z แทน ค่ามาตรฐานที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เท่ากับ 1.96

p แทน สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าจะมีคุณลักษณะตามที่ศึกษา เท่ากับ .50

q แทน สัดส่วนของประชากรที่ไม่มีคุณลักษณะตามที่ศึกษา เท่ากับ .50

e แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ .05

$$n = \frac{(1.96)^2(.50)\ (.50)}{(.05)^2}$$

$$N = 384.16$$

ดังนั้น ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 385 คน และเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากแบบสอบถามที่ตอบไม่สมบูรณ์หรือไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้จำนวน 400 คน

3.2.3 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) โดยประยุกต์ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ร่วมกับการกำหนดโควตา (Quota Sampling) เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถระบุจำนวนประชากรที่เป็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรได้อย่างแน่นอน และไม่ปรากฏกรอบรายชื่อประชากรที่สมบูรณ์ครอบคลุม และเป็นปัจจุบันเพียงพอที่จะใช้เป็นฐานสำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็นได้ การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากผู้วิจัยมุ่งเก็บข้อมูลจากบุคคลที่มีประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับการซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชนและผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ผลิตในจังหวัดพิจิตร โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องสามารถสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้การตลาดดิจิทัล คุณค่าของผลิตภัณฑ์ และความพึงพอใจที่เกิดจากประสบการณ์ซื้อหรือใช้สินค้าจริงได้อย่างมีความหมาย

ผู้ตอบแบบสอบถามที่จะได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1) มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป เนื่องจากเป็นบุคคลที่สามารถตัดสินใจซื้อสินค้าและให้ความยินยอมในการตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง

2) เคยซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ผลิตหรือพัฒนาในจังหวัดพิจิตร อย่างน้อย 1 ครั้ง ไม่ว่าจะซื้อเพื่อใช้บริโภค ใช้ในครัวเรือน ซื้อเป็นของฝาก หรือซื้อเพื่อสนับสนุนผู้ประกอบการในชุมชน

3) เคยใช้หรือมีประสบการณ์รับรู้ผลจากการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวภายในระยะเวลา 12 เดือน ก่อนตอบแบบสอบถาม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับสะท้อนประสบการณ์การซื้อ การใช้สินค้า การรับบริการ และการรับรู้ข้อมูลทางการตลาดที่ยังมีความใหม่และใกล้เคียงกับสภาพการณ์ปัจจุบัน

4) เป็นผู้ที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ สามารถอ่าน ทำความเข้าใจ และตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเองอย่างครบถ้วน

นอกจากการกำหนดคุณสมบัติของผู้ตอบแบบสอบถามแล้ว ผู้วิจัยใช้การกำหนดโควตาเพื่อให้การเก็บรวบรวมข้อมูลมีความครอบคลุมกลุ่มผู้บริโภคที่มีพฤติกรรมการซื้อแตกต่างกัน และลดปัญหาการกระจุกตัวของข้อมูลเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เช่น ผู้บริโภคที่ซื้อสินค้าผ่านตลาดชุมชนเพียงอย่างเดียว หรือผู้บริโภคที่ซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์เพียงอย่างเดียว

การกำหนดโควตาในการวิจัยครั้งนี้พิจารณาจากลักษณะช่องทางที่ผู้บริโภคเข้าถึงและซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ลักษณะสำคัญ ได้แก่ การเก็บข้อมูลแบบออฟไลน์และการเก็บข้อมูลแบบออนไลน์ เพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้บริโภคที่มีรูปแบบการรับรู้ข้อมูล การติดต่อผู้ขาย และประสบการณ์การซื้อสินค้าที่หลากหลาย

การเก็บข้อมูลแบบออฟไลน์ดำเนินการ ณ จุดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน ร้านค้าผลิตภัณฑ์ OTOP ตลาดชุมชน งานแสดงสินค้า กิจกรรมส่งเสริมการขาย และพื้นที่ที่มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร โดยผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยจะคัดกรองผู้ตอบแบบสอบถามเบื้องต้นตามคุณสมบัติที่กำหนด ก่อนเชิญชวนให้ตอบแบบสอบถาม ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลในลักษณะดังกล่าวช่วยให้ได้ข้อมูลจากผู้บริโภคที่มีประสบการณ์ซื้อสินค้า ณ จุดจำหน่ายจริง สามารถสัมผัสสินค้า เปรียบเทียบสินค้า และตัดสินใจซื้อจากประสบการณ์ตรง

ส่วนการเก็บข้อมูลแบบออนไลน์ดำเนินการผ่านช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ของผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพจประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ OTOP และช่องทางออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร โดยเผยแพร่แบบสอบถามในรูปแบบลิงก์และรหัสคิวอาร์ (QR Code) พร้อมข้อความชี้แจงวัตถุประสงค์ คุณสมบัติของผู้ตอบแบบสอบถาม และการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อให้ผู้บริโภคที่เคยค้นหาข้อมูล สอบถาม สั่งซื้อ หรือใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ่านช่องทางออนไลน์สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 ตัวแปรอิสระ

1) ปัจจัยการตลาดดิจิทัล ประกอบด้วย 1) คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา 2) การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์ 3) ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์ 4) ความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า

2) คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ ประกอบด้วย 1) คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย 2) คุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า 3) คุณค่าด้านอารมณ์ และ 4) คุณค่าด้านสังคมและชุมชน

3.3.2 ตัวแปรตาม ความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร ประกอบด้วย 1) ความพึงพอใจโดยรวม 2) การได้รับสินค้าและบริการตามความคาดหวัง 3) ความพึงพอใจต่อความคุ้มค่า และ 4) ความเหมาะสมของการตัดสินใจซื้อ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งนี้ แบบสอบถามได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ กรอบแนวคิด และตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 5 ตอน รวมจำนวนทั้งสิ้น 64 ข้อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และสถานภาพสมรส โดยมีลักษณะเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check List) เพื่อใช้ในการอธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย ประเภทของผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผู้ตอบแบบสอบถามเคยซื้อ ความถี่ในการซื้อ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อครั้ง ช่องทางที่ใช้รับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน ช่องทางการซื้อสินค้า และเหตุผลสำคัญในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชน ลักษณะคำถามเป็นทั้งแบบตรวจสอบรายการและแบบเลือกตอบ โดยมุ่งศึกษาพฤติกรรมและ

รูปแบบการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค อันเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการอธิบายบริบทการใช้สื่อดิจิทัลและการรับรู้คุณค่าของผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยการตลาดดิจิทัล จำนวน 20 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยใช้วัดการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการดำเนินกิจกรรมทางการตลาดผ่านช่องทางและเครื่องมือดิจิทัลของผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชน แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ด้านละ 5 ข้อ ได้แก่ 1) คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา 2) การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์ 3) ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์ และ 4) ความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า

ตอนที่ 4 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ จำนวน 20 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ด้านละ 5 ข้อ ได้แก่ 1) คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย 2) คุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า 3) คุณค่าด้านอารมณ์ และ 4) คุณค่าด้านสังคมและชุมชน

ตอนที่ 5 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 12 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ด้านละ 3 ข้อ ได้แก่ 1) ความพึงพอใจโดยรวม 2) การได้รับสินค้าและบริการตามความคาดหวัง 3) ความพึงพอใจต่อความคุ้มค่า และ 4) ความเหมาะสมของการตัดสินใจซื้อ

โดยสรุป แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 64 ข้อ ประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 6 ข้อ พฤติกรรมการซื้อและการใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 6 ข้อ ปัจจัยการตลาดดิจิทัล จำนวน 20 ข้อ คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ จำนวน 20 ข้อ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน จำนวน 12 ข้อ ทั้งนี้ ข้อคำถามในตอนที่ 3 ถึงตอนที่ 5 ใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อให้สามารถสะท้อนระดับความคิดเห็นและการรับรู้ของผู้บริโภคแต่ละประเด็นได้อย่างเป็นระบบ

3.5 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยอย่างเป็นระบบ เพื่อให้แบบสอบถามมีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย สามารถวัดตัวแปรได้ตรงตามนิยามเชิงปฏิบัติการ และมีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริง โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.5.1 การสร้างเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขต เนื้อหา และองค์ประกอบของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

จากนั้น ผู้วิจัยกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้ของตัวแปรแต่ละด้านให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับกรอบแนวคิดในการวิจัย ได้แก่ ปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน แล้วจึงสร้างข้อคำถามให้ครอบคลุมตัวบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบ

แบบสอบถามในส่วนของตัวแปรหลัก ได้แก่ ปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน มีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อใช้วัดระดับความคิดเห็นและการรับรู้ของผู้ตอบแบบสอบถาม ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดถ้อยคำของข้อคำถามให้มีความชัดเจน ใช้ภาษาที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม และหลีกเลี่ยงข้อความที่อาจก่อให้เกิดความกำกวมในการตีความ

ภายหลังจากจัดทำร่างแบบสอบถามแล้ว ผู้วิจัยนำร่างแบบสอบถามเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษา ลำดับข้อคำถาม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดในการวิจัย ก่อนนำข้อเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แล้วจึงนำไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหากับผู้ทรงคุณวุฒิต่อไป

3.5.2 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

ผู้วิจัยนำร่างแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย นิยามเชิงปฏิบัติการ และองค์ประกอบของตัวแปร ได้แก่ ปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน

การตรวจสอบใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือ IOC (Index of Item–Objective Congruence) ตามแนวคิดของ Rovinelli และ Hambleton (1976) ผลการตรวจสอบพบว่า ข้อคำถามมาตรประมาณค่าทั้ง 52 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง .67–1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ คือ .50 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย นิยามเชิงปฏิบัติการ และองค์ประกอบของตัวแปรในระดับที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงคงข้อคำถามทั้งหมดไว้ และปรับปรุงถ้อยคำบางข้อให้มีความชัดเจน กระชับ และเหมาะสมกับบริบทของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

3.5.3 การทดลองใช้และการตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาไปทดลองใช้ (Try-out) กับผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดชัยนาท จำนวน 30 คน ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง ได้แก่ มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป และเคยซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชน การเลือกทดลองใช้ในจังหวัดชัยนาทมีเหตุผลสำคัญ 2 ประการ คือ 1) ผู้บริโภคมีประสบการณ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนและช่องทางจำหน่ายทั้งแบบออฟไลน์และออนไลน์ใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย จึงสามารถประเมินความชัดเจนและความเหมาะสมของข้อคำถามได้ และ 2) เป็นพื้นที่นอกจังหวัดพิจิตร ช่วยป้องกันการซ้ำซ้อนระหว่างผู้ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง โดยไม่นำข้อมูลจากการทดลองใช้มารวมกับข้อมูลการวิจัย ผลการตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคพบว่า แบบสอบถามด้านปัจจัยการตลาดดิจิทัลมีค่าเท่ากับ .91 ด้านคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้เท่ากับ .89 ด้านความพึงพอใจเท่ากับ .87 และแบบสอบถามโดยรวมเท่ากับ .94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ .70 แสดงว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้องภายในและเหมาะสมสำหรับนำไปเก็บข้อมูลจริง (Cronbach, 1951)

3.5.4 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

ก่อนวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นแยกสำหรับแต่ละสมการ ดังนี้ 1) ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นจากแผนภาพกระจายระหว่างค่าพยากรณ์มาตรฐานกับค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2) ตรวจสอบภาวะพหุสัมพันธ์ร่วม (Multicollinearity) จากค่า Tolerance ซึ่งควรมากกว่า .10 และค่า Variance Inflation Factor: VIF ซึ่งควรต่ำกว่า 10 3) ตรวจสอบความเป็นปกติของค่าคลาดเคลื่อน (Normality of Residuals) จากฮิสโตแกรมและกราฟ Normal P–P Plot โดยค่าคลาดเคลื่อนควรมีการแจกแจงใกล้เคียงปกติและจุดควรเรียงตัวใกล้เส้นทแยงมุม 4) ตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อนจากค่าสถิติ Durbin–Watson โดยค่าระหว่าง 1.50–2.50 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และ 5) ตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ของค่าคลาดเคลื่อน (Homoscedasticity) จากกราฟกระจายระหว่างค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

กับค่าพยากรณ์มาตรฐาน ซึ่งจุดควรกระจายอย่างสุ่มรอบเส้นศูนย์และไม่ปรากฏเป็นรูปกรวยหรือรูปแบบที่เป็นระบบ นอกจากนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบค่าผิดปกติโดยพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานให้อยู่ในช่วงประมาณ ±3 และค่า Cook's Distance ต่ำกว่า 1 ก่อนนำผลการถดถอยไปแปลความหมาย

การวิเคราะห์ดำเนินการแยกเป็น 2 สมการ โดยสมการที่ 1 ใช้ปัจจัยการตลาดดิจิทัล 4 ด้านเป็นตัวแปรพยากรณ์ และสมการที่ 2 ใช้คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ 4 ด้านเป็นตัวแปรพยากรณ์ ทั้งสองสมการใช้ความพึงพอใจของผู้บริโภคเป็นตัวแปรตามเดียวกัน ดังนั้น การแปลผลค่า R2R^2R2 และค่า Beta ต้องพิจารณาภายในแต่ละสมการ ไม่ควรนำค่าสัมประสิทธิ์จากคนละสมการมาเปรียบเทียบเสมือนเป็นแบบจำลองเดียวกัน

3.5.5 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยคัดเลือกเฉพาะผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ก่อนเก็บข้อมูลผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน ระยะเวลาตอบแบบสอบถาม ประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ตลอดจนสิทธิในการปฏิเสธหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเวลาโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ผู้เข้าร่วมวิจัยให้ความยินยอมโดยสมัครใจก่อนตอบแบบสอบถาม และสามารถข้ามข้อคำถามที่ไม่ประสงค์ตอบได้ แบบสอบถามไม่กำหนดให้ระบุชื่อ–นามสกุลหรือข้อมูลที่สามารถระบุตัวบุคคลโดยตรง ข้อมูลทั้งหมดได้รับการกำหนดรหัส จัดเก็บโดยจำกัดสิทธิการเข้าถึง และนำเสนอผลในภาพรวมเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น โดยไม่เปิดเผยข้อมูลรายบุคคลต่อบุคคลภายนอก

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงความถูกต้อง ครบถ้วน และความสมัครใจของผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับมีความเหมาะสมสำหรับนำไปวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ทั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยจัดทำหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยพิษณุโลก เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการขอความร่วมมือจากหน่วยงาน ผู้ประกอบการ ร้านค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในจังหวัดพิจิตร

2) ผู้วิจัยประสานงานกับหน่วยงาน ผู้ประกอบการ ร้านค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน จุดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน และผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่จังหวัดพิจิตร เพื่อขอความร่วมมือและกำหนดแนวทางในการเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด

3) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผลิตในจังหวัดพิจิตร โดยใช้แบบสอบถาม 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบสอบถามฉบับกระดาษสำหรับเก็บข้อมูล ณ จุดจำหน่ายสินค้า ร้านค้าผลิตภัณฑ์ชุมชน ตลาดชุมชน และกิจกรรมหรือพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน และแบบสอบถามออนไลน์ในรูปแบบคิวอาร์โค้ด (QR Code) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ตอบแบบสอบถามที่เข้าถึงข้อมูลหรือซื้อสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์

4) ก่อนให้ผู้ตอบแบบสอบถามตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยดำเนินการคัดกรองผู้ตอบตามคุณสมบัติที่กำหนด โดยผู้ตอบแบบสอบถามต้องมีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป เคยซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ผลิตในจังหวัดพิจิตรอย่างน้อย 1 ครั้ง และเคยใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวภายในระยะเวลา 12 เดือนก่อนตอบแบบสอบถาม ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ตอบสามารถสะท้อนความคิดเห็นและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้อย่างเหมาะสม

5) ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย รายละเอียดโดยสังเขปของการตอบแบบสอบถาม ระยะเวลาที่ใช้ตอบแบบสอบถาม ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ตลอดจนสิทธิของผู้ตอบแบบสอบถาม ในการปฏิเสธไม่ตอบคำถามบางข้อหรือยุติการตอบแบบสอบถามได้ทุกเมื่อ โดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ตอบแบบสอบถาม

6) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมแบบสอบถามและตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลในเบื้องต้น หากพบว่าแบบสอบถามมีข้อมูลสำคัญขาดหายหรือมีการตอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การคัดกรอง ผู้วิจัยจะไม่นำแบบสอบถามฉบับนั้นเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

7) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความสมบูรณ์มาลงรหัสข้อมูล บันทึกข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ตรวจสอบความถูกต้องของการบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็นสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลและพฤติกรรมการซื้อและการใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชน ใช้สถิติค่าความถี่และร้อยละ เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน สถานภาพสมรส ตลอดจนประเภทผลิตภัณฑ์ที่ซื้อ ความถี่ในการซื้อ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อครั้ง ช่องทางการรับรู้ข้อมูล ช่องทางการซื้อสินค้า และเหตุผลสำคัญในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชน

การวิเคราะห์ระดับปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน ใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อสะท้อนระดับความคิดเห็นและการรับรู้ของผู้ตอบแบบสอบถามต่อแต่ละตัวแปรและองค์ประกอบย่อยของตัวแปร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเพื่อพิจารณาทิศทางและระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรก่อนนำไปวิเคราะห์อิทธิพลเชิงพยากรณ์

การทดสอบอิทธิพลเชิงพยากรณ์ของปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าพร้อมกัน (Multiple Regression Analysis: Enter Method) โดยกำหนดให้ปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้เป็นตัวแปรอิสระ และกำหนดความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนเป็นตัวแปรตาม

3.7.1 สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.7.2 เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยของแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้นจากสูตร

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = (คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด) / จำนวนระดับ

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = (5 - 1) / 5

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = 0.80

จึงกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น

4.21–5.00	มากที่สุด
3.41–4.20	มาก
2.61–3.40	ปานกลาง
1.81–2.60	น้อย
1.00–1.80	น้อยที่สุด

3.7.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

ผู้วิจัยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient) เพื่อศึกษาทิศทางและระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตร

การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผล ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	**ระดับความสัมพันธ์**
.80–1.00	สูงมาก
.60–.79	สูง
.40–.59	ปานกลาง
.20–.39	ต่ำ
.00–.19	ต่ำมาก

3.7.4 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าสู่สมการพร้อมกัน (Multiple Regression Analysis: Enter Method) เพื่อศึกษาว่าปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้สามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรได้หรือไม่ และสามารถอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจของผู้บริโภคได้มากน้อยเพียงใด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 61.75 มีอายุระหว่าง 26–35 ปี คิดเป็นร้อยละ 28.75 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 52.25 ประกอบอาชีพพนักงานเอกชน คิดเป็นร้อยละ 25.00 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 10,001–20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 30.00 สำหรับพฤติกรรมการซื้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เคยซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร เครื่องดื่ม หรือสินค้าเกษตรแปรรูป คิดเป็นร้อยละ 65.50 มีความถี่ในการซื้อเฉลี่ย 1–2 ครั้งต่อปี คิดเป็นร้อยละ 29.50 และมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อครั้งระหว่าง 101–300 บาท คิดเป็นร้อยละ 40.00

ในด้านช่องทางการรับรู้ข้อมูล ผู้ตอบแบบสอบถามใช้ Facebook มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 64.50 รองลงมาคือร้านค้า ตลาดชุมชน หรืองานแสดงสินค้า และ LINE ตามลำดับ ขณะที่ช่องทางการซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนล่าสุดส่วนใหญ่เป็นตลาดชุมชนหรืองานแสดงสินค้า คิดเป็นร้อยละ 33.25 รองลงมาคือ Facebook/LINE หรือแชตออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 23.50 เหตุผลสำคัญที่สุดในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ คุณภาพหรือประโยชน์ใช้สอย คิดเป็นร้อยละ 28.75 รองลงมาคือราคาและความคุ้มค่า คิดเป็นร้อยละ 22.00 และความต้องการสนับสนุนชุมชน คิดเป็นร้อยละ 18.25

4.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.62, S.D. = 0.55) เมื่อพิจารณาเป็นรายตัวแปร พบว่า คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.76, S.D. = 0.60) รองลงมาคือความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน ($\bar{x}$ = 3.57, S.D. = 0.61) และปัจจัยการตลาดดิจิทัล ($\bar{x}$ = 3.52, S.D. = 0.62) ตามลำดับ

4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรในการวิจัยโดยภาพรวม

ตัวแปร	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับ
คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้	3.76	0.60	มาก	1
ความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน	3.57	0.61	มาก	2
ปัจจัยการตลาดดิจิทัล	3.52	0.62	มาก	3
รวม	**3.62**	**0.55**	**มาก**	

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อทุกตัวแปรโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.62, S.D. = 0.55) เมื่อพิจารณาเป็นตัวแปร พบว่า คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.76, S.D. = 0.60) รองลงมาคือความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน ($\bar{x}$ = 3.57, S.D. = 0.61) และปัจจัยการตลาดดิจิทัล ($\bar{x}$ = 3.52, S.D. = 0.62) ตามลำดับ

4.4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตัวแปร	r	p-value	ระดับความสัมพันธ์
คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา	.562***	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง
การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์	.488***	< .001	ปานกลาง
ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์	.534***	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง
ความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า	.457***	< .001	ปานกลาง
ปัจจัยการตลาดดิจิทัลโดยรวม	.598*	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง
คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย	.601***	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง
คุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า	.492***	< .001	ปานกลาง
คุณค่าด้านอารมณ์	.571***	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง
คุณค่าด้านสังคมและชุมชน	.541***	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง
คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้โดยรวม	.667*	< .001	ปานกลางค่อนข้างสูง

*** p < .001

จากตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยการตลาดดิจิทัลทุกด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยปัจจัยการตลาดดิจิทัลโดยรวมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจในระดับปานกลางค่อนข้างสูง (r = .598, p < .001) สำหรับคุณค่า

ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ พบว่า ทุกด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้โดยรวมมีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจสูงกว่าปัจจัยการตลาดดิจิทัล ($r = .667$, $p < .001$) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชุมชนมีคุณภาพ มีประโยชน์ คุ้มค่า สร้างความรู้สึกที่ดี และสนับสนุนชุมชนท้องถิ่นมากขึ้น ย่อมมีแนวโน้มที่จะเกิดความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์มากขึ้นเช่นเดียวกัน

4.5 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1 ปัจจัยการตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของปัจจัยการตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน

ปัจจัยการตลาดดิจิทัล	B	S.E.	Beta	t	p-value	Tolerance	VIF
ค่าคงที่	0.796	0.169	–	4.710	< .001***	–	–
คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา	0.186	0.047	.203	3.957	< .001***	.562	1.78
การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์	0.095	0.041	.107	2.317	.021*	.591	1.69
ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์	0.155	0.046	.170	3.370	.001**	.521	1.92
ความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า	0.066	0.044	.073	1.500	.134	.645	1.55
$R = .638$, $R^2 = .407$, Adjusted $R^2 = .401$, $F = 68.030$***, p-value < .001							

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

จากตารางที่ 3 พบว่า ปัจจัยการตลาดดิจิทัลทั้ง 4 ด้าน สามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .638 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ร้อยละ 40.70 ($R^2 = .407$) เมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัย พบว่า คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหาส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด (Beta = .203, $p < .001$) รองลงมาคือความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์ (Beta = .170, $p = .001$) และการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์ (Beta = .107, $p = .021$) ตามลำดับ สำหรับความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า แม้จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจของผู้บริโภค แต่ไม่พบอิทธิพลเชิงพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยด้านอื่น (Beta = .073, $p = .134$) ผลการวิเคราะห์ยังพบว่า ค่า VIF ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่าระหว่าง 1.55–1.92 ซึ่งต่ำกว่า 10 และค่า Tolerance ทุกตัวมากกว่า .10 แสดงว่าไม่พบปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงเส้นพหุ (Multicollinearity) ที่รุนแรง

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ คือ

$$\hat{Y} = 0.796 + 0.186X_1 + 0.095X_2 + 0.155X_3 + 0.066X_4$$

โดยที่

X_1 = คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา

X_2 = การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์

X_3 = ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์

X_4 = ความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้า

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน คือ

$\hat{Z}$ความพึงพอใจ = .203Zเนื้อหา + .107Zการสื่อสาร + .170Zความน่าเชื่อถือ + .073Zความสะดวก

ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ว่า ปัจจัยการตลาดดิจิทัลส่งผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะคุณภาพของเนื้อหา ความน่าเชื่อถือของข้อมูล และคุณภาพของการสื่อสารกับผู้บริโภค

4.6 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 2 คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชน

คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้	B	S.E.	Beta	t	p-value	Tolerance	VIF
ค่าคงที่	0.472	0.176	–	2.682	.008**	–	–
คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย	0.214	0.048	.250	4.458	< .001***	.521	1.92
คุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า	0.079	0.043	.090	1.837	.067	.598	1.67
คุณค่าด้านอารมณ์	0.158	0.046	.178	3.435	.001**	.571	1.75
คุณค่าด้านสังคมและชุมชน	0.238	0.048	.264	4.958	< .001***	.552	1.81
R = .716, R2 = .513, Adjusted R^2 = .508, F = 104.030***, p-value < .001							

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

จากตารางที่ 4 พบว่า คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ทั้ง 4 ด้าน สามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .716 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ร้อยละ 51.30 (R^2 = .513) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า คุณค่าด้านสังคมและชุมชนส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด (Beta = .264, p < .001) รองลงมาคือคุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย (Beta = .250, p < .001) และคุณค่าด้านอารมณ์ (Beta = .178, p = .001) ส่วนคุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า ไม่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับคุณค่าด้านอื่น (Beta = .090, p = .067) แม้ว่าผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับราคาและความคุ้มค่าอยู่ในระดับมากก็ตาม ผลดังกล่าวแสดงว่า ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนไม่ได้ตัดสินความพึงพอใจจากราคาหรือความคุ้มค่าเชิงการเงินเพียงอย่างเดียว แต่ให้ความสำคัญอย่างมากกับประโยชน์ใช้สอย คุณภาพของสินค้า ความรู้สึกเชิงบวก อัตลักษณ์ของชุมชน และความหมายของการสนับสนุนผู้ผลิตท้องถิ่น

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ คือ

$\hat{Y} = 0.472 + 0.214X_1 + 0.079X_2 + 0.158X_3 + 0.238X_4$

โดยที่

X_1 = คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย

X_2 = คุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่า

X_3 = คุณค่าด้านอารมณ์

X_4 = คุณค่าด้านสังคมและชุมชน

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน คือ

$\hat{Z}$ความพึงพอใจ = .250Zประโยชน์ใช้สอย + .090Zราคาและความคุ้มค่า + .178Zอารมณ์ + .264Zสังคมและชุมชน

ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ว่า คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ส่งผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะคุณค่าด้านสังคมและชุมชน คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย และคุณค่าด้านอารมณ์

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 26–35 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานเอกชน และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 10,001–20,000 บาท ผู้บริโภคส่วนใหญ่เคยซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร เครื่องดื่ม หรือสินค้าเกษตรแปรรูป ใช้ Facebook เป็นช่องทางสำคัญในการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชน ขณะที่ช่องทางซื้อสินค้าล่าสุดส่วนใหญ่ยังเป็นตลาดชุมชนหรืองานแสดงสินค้า สะท้อนว่าพฤติกรรมผู้บริโภคมีลักษณะผสมผสานระหว่างการค้นหาข้อมูลผ่านช่องทางออนไลน์และการตัดสินใจซื้อผ่านช่องทางออฟไลน์

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.62 เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือความพึงพอใจของผู้บริโภค และปัจจัยการตลาดดิจิทัลตามลำดับ สำหรับการตลาดดิจิทัล ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหาสูงที่สุด ขณะที่การสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเฉพาะประเด็นการตอบข้อซักถาม การแจ้งสถานะคำสั่งซื้อ และการติดตามการจัดส่งสินค้า

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยการตลาดดิจิทัลทั้ง 4 ด้านสามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจได้ร้อยละ 40.70 ปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ คุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหา ความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์ และการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์ ส่วนความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้าไม่พบอิทธิพลเชิงพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยด้านอื่น

นอกจากนี้ คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ทั้ง 4 ด้านสามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยอธิบายความแปรปรวนของความพึงพอใจได้ร้อยละ 51.30 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด ได้แก่ คุณค่าด้านสังคมและชุมชน รองลงมาคือคุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย และคุณค่าด้านอารมณ์ ส่วนคุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่าไม่พบอิทธิพลเชิงพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับคุณค่าด้านอื่น

5.2 อภิปรายผลการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยการตลาดดิจิทัล คุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ และความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่

ผู้บริโภครับรู้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือความพึงพอใจของผู้บริโภค และปัจจัยการตลาดดิจิทัลตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ชุมชนมิได้พิจารณาสินค้าจากราคาเพียงอย่างเดียว แต่ยังประเมินคุณภาพ ประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม ความรู้สึกภาคภูมิใจ ตลอดจนความหมายของการซื้อสินค้าที่ช่วยสนับสนุนผู้ผลิตและเศรษฐกิจของชุมชนด้วย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดคุณค่าที่ผู้บริโภครับ รู้ของ Zeithaml (1988) ซึ่งอธิบายว่า ผู้บริโภคประเมินคุณค่าจากการเปรียบเทียบระหว่างประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนที่ต้องเสียไป ทั้งในด้านเงิน เวลา ความพยายาม และความเสี่ยงในการซื้อสินค้า

เมื่อพิจารณาปัจจัยการตลาดดิจิทัล พบว่า ด้านคุณภาพและความเป็นประโยชน์ของเนื้อหามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้บริโภคไม่สามารถสัมผัส ตรวจสอบ หรือทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ทันทีเมื่อซื้อผ่านช่องทางออนไลน์ จึงต้องใช้ข้อมูลสินค้า รูปภาพ วิดีโอ ราคา ส่วนประกอบ วิธีใช้ วิธีเก็บรักษา และเรื่องราวของผลิตภัณฑ์เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ หากข้อมูลมีความชัดเจน ถูกต้อง ครบถ้วน และตรงกับสินค้าจริง ย่อมช่วยลดความไม่แน่นอนและลดความเสี่ยงในการซื้อ ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความคาดหวังที่เหมาะสมและมีแนวโน้มพึงพอใจมากขึ้นภายหลังได้รับสินค้า

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการตลาดดิจิทัลของ Kannan และ Li (2017) ที่เสนอว่า การตลาดดิจิทัลมิใช่เพียงการเผยแพรโฆษณาผ่านสื่อออนไลน์ แต่เป็นการบริหารข้อมูล จุดสัมผัส และประสบการณ์ของผู้บริโภคให้เกิดคุณค่าอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดประสบการณ์ลูกค้าของ Lemon และ Verhoef (2016) ซึ่งอธิบายว่า ผู้บริโภคประเมินประสบการณ์ตั้งแต่ขั้นการค้นหาข้อมูล การเปรียบเทียบสินค้า การติดต่อผู้ขาย การสั่งซื้อ การรับสินค้า และการใช้สินค้าภายหลังการซื้อ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Nimtrakool และ Saisanit (2023) ที่พบว่า การตลาดเนื้อหา การตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ และการทำให้ข้อมูลสินค้าสามารถค้นหาได้ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชุมชนผ่านช่องทางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลและรีวิวออนไลน์พบว่า ส่งผลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้บริโภคต้องเผชิญกับความเสี่ยงก่อนซื้อสินค้าออนไลน์ เช่น ความกังวลว่าสินค้าอาจไม่ตรงตามภาพ คุณภาพไม่เป็นไปตามที่กล่าวอ้าง หรือผู้ขายไม่รับผิดชอบเมื่อเกิดปัญหา ดังนั้น ภาพสินค้าจริง รายละเอียดที่ตรวจสอบได้ รีวิวจากผู้ซื้อจริง และข้อมูลผู้ขายที่ชัดเจน จึงทำหน้าที่เป็นหลักฐานช่วยลดความกังวลและสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภค

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Erkan และ Evans (2016) ที่พบว่า คุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และประโยชน์ของข้อมูลแบบคำบอกเล่าทางอิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อการยอมรับข้อมูลและการตัดสินใจของผู้บริโภค อีกทั้งสอดคล้องกับ Parasuraman, Zeithaml และ Malhotra (2005) ที่เสนอว่า คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสวยงามของช่องทางออนไลน์เท่านั้น แต่รวมถึงความสามารถในการส่งมอบสินค้าและบริการตามคำมั่น การรักษาความถูกต้องของข้อมูล และการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาด

สำหรับการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ออนไลน์พบว่า ส่งผลต่อความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้มีอิทธิพลในระดับไม่สูงมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการตอบคำถามอย่างรวดเร็ว การให้ข้อมูลตรงประเด็น การใช้ถ้อยคำสุภาพ การแจ้งสถานะคำสั่งซื้อ และการติดตามการจัดส่ง เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้ประเมินความเอาใจใส่ ความรับผิดชอบ และความเป็นมืออาชีพของผู้ขาย ผู้ประกอบการที่ใช้สื่อออนไลน์เพียงเพื่อ

โพสต์ขายสินค้า แต่ไม่สามารถตอบคำถามหรือดูแลลูกค้าหลังการขายได้อย่างต่อเนื่อง ย่อมทำให้ประสบการณ์ของผู้บริโภคไม่สมบูรณ์

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Appel, Grewal, Hadi และ Stephen (2020) ที่เสนอว่า สื่อสังคมออนไลน์ทำหน้าที่มากกว่าช่องทางการโฆษณา เพราะเป็นพื้นที่ของการสร้างความสัมพันธ์ การแลกเปลี่ยนข้อมูล และการมีส่วนร่วมระหว่างผู้บริโภคกับตราสินค้า อีกทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของนงนุช ไชยผาสุข (2568) ซึ่งพบว่า ความเชื่อมั่นทางอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจทางอิเล็กทรอนิกส์ คุณภาพตลาดออนไลน์ และคุณค่าที่ลูกค้ารับรู้ ล้วนมีความสำคัญต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชน

อย่างไรก็ตาม ความสะดวกในการเข้าถึงและสั่งซื้อสินค้าไม่พบอิทธิพลเชิงพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยการตลาดดิจิทัลด้านอื่น ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าความสะดวกไม่มีความสำคัญ แต่เป็นไปได้ว่าความสะดวกมีความสัมพันธ์ซ้อนทับกับคุณภาพเนื้อหา ความน่าเชื่อถือ และการสื่อสารออนไลน์ กล่าวคือ หากผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่ชัดเจน มีช่องทางติดต่อที่ตอบสนอง และเชื่อมั่นในผู้ขายอยู่แล้ว ผลของความสะดวกอาจไม่สามารถอธิบายความพึงพอใจเพิ่มเติมได้อย่างเด่นชัด อีกประการหนึ่ง ผู้บริโภคส่วนหนึ่งยังเลือกซื้อสินค้าผ่านตลาดชุมชน งานแสดงสินค้า และร้านค้าชุมชน จึงอาจมิได้ประเมินความสะดวกของระบบออนไลน์ในระดับเดียวกับผู้ที่ซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์โดยตรง

ในส่วนของคุณค่าผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับรู้ พบว่า คุณค่าด้านสังคมและชุมชนมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจสูงที่สุด รองลงมาคือคุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอย และคุณค่าด้านอารมณ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผลิตภัณฑ์ชุมชนมีความแตกต่างจากสินค้าทั่วไป เนื่องจากเชื่อมโยงกับผู้ผลิต ภูมิปัญญา แหล่งวัตถุดิบ วิถีชีวิต และอัตลักษณ์ท้องถิ่น ผู้บริโภคจึงไม่ได้รับเพียงสินค้าเพื่อการบริโภคหรือการใช้สอยเท่านั้น แต่ยังรับรู้ว่าการซื้อสินค้าช่วยสร้างรายได้แก่ชุมชน สนับสนุนผู้ผลิตรายย่อย และร่วมอนุรักษ์คุณค่าทางวัฒนธรรมของพื้นที่

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดคุณค่าการบริโภคของ Sheth, Newman และ Gross (1991) ที่เสนอว่า พฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคเกิดจากคุณค่าหลายมิติ ทั้งคุณค่าด้านหน้าที่ คุณค่าด้านอารมณ์ และคุณค่าด้านสังคม อีกทั้งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sweeney และ Soutar (2001) ที่อธิบายว่า คุณค่าที่ผู้บริโภครับรู้ไม่ได้จำกัดเฉพาะคุณภาพสินค้าและราคา แต่ครอบคลุมถึงคุณค่าด้านอารมณ์และด้านสังคมด้วย ในบริบทของผลิตภัณฑ์ชุมชน คุณค่าด้านสังคมและชุมชนจึงเป็นจุดเด่นที่ช่วยทำให้สินค้ามีความหมายมากกว่าสินค้าทั่วไป

คุณค่าด้านประโยชน์ใช้สอยส่งผลต่อความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแม้ผู้บริโภคจะรู้สึกดีที่ได้สนับสนุนชุมชนหรือชื่นชอบเรื่องราวของผลิตภัณฑ์ แต่การซื้อซ้ำและความพึงพอใจในระยะยาวยังต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานว่าสินค้ามีคุณภาพ ปลอดภัย ใช้งานหรือบริโภคได้จริง และตอบสนองความต้องการตามวัตถุประสงค์ของสินค้า ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Zeithaml (1988) และ Sweeney และ Soutar (2001) ที่เห็นตรงกันว่า ประโยชน์ใช้สอยและคุณภาพเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของคุณค่าที่ผู้บริโภครับรู้ ดังนั้นผู้ประกอบการไม่ควรใช้เรื่องราวหรือความเป็นสินค้าชุมชนมาทดแทนข้อบกพร่องด้านคุณภาพมาตรฐานสินค้า

ส่วนคุณค่าด้านอารมณ์ส่งผลต่อความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้บริโภคอาจรู้สึกภูมิใจ ประทับใจ หรือรู้สึกว่าสินค้ามีความพิเศษจากความสวยงามของรูปแบบสินค้า บรรจุภัณฑ์ ความประณีตของงานฝีมือ และเรื่องราวที่สะท้อนอัตลักษณ์ของชุมชน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Sweeney และ Soutar (2001) ที่อธิบายว่าคุณค่าด้านอารมณ์คือความรู้สึกเชิงบวกที่ผู้บริโภคได้รับจากสินค้าและประสบการณ์การซื้อ รวมทั้ง

สอดคล้องกับทฤษฎีการยืนยันความคาดหวังของ Oliver (1980) ซึ่งเสนอว่า ความพึงพอใจเกิดขึ้นเมื่อผลลัพธ์ที่ผู้บริโภคได้รับจริงตอบสนองหรือสูงกว่าความคาดหวังเดิมทั้งในด้านเหตุผลและความรู้สึก

สำหรับคุณค่าด้านราคาและความคุ้มค่าไม่พบอิทธิพลเชิงพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับคุณค่าด้านอื่น ทั้งนี้ไม่ได้แปลว่าราคาไม่มีความสำคัญต่อผู้บริโภค แต่สะท้อนว่า ผู้บริโภคอาจไม่ได้ใช้ราคาเป็นเกณฑ์หลักเพียงลำพังในการประเมินความพึงพอใจ เมื่อผู้บริโภครับรู้ว่าสินค้ามีคุณภาพ ใช้งานได้จริง สร้างความประทับใจ และมีความหมายต่อชุมชน ปัจจัยด้านราคาอาจมีบทบาทลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าในด้านอื่น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Zeithaml (1988) ที่อธิบายว่าความคุ้มค่าไม่ได้เกิดจากราคาต่ำเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการประเมินประโยชน์รวมที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนทั้งหมดที่ผู้บริโภคต้องจ่าย

ดังนั้น ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดพิจิตรควรยกระดับคุณภาพสินค้าให้มีมาตรฐานควบคู่กับการพัฒนาการตลาดดิจิทัล โดยเฉพาะการนำเสนอข้อมูลที่ถูกต้อง ใช้ภาพและวิดีโอที่ตรงกับสินค้าจริง สร้างระบบตอบคำถามและติดตามการจัดส่งอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งสื่อสารเรื่องราวของผู้ผลิต ภูมิปัญญาท้องถิ่น และผลประโยชน์ที่เกิดกับชุมชนอย่างเป็นข้อเท็จจริง ทั้งนี้ การสร้างคุณค่าด้านชุมชนจะเกิดผลอย่างยั่งยืนต่อเมื่อผู้บริโภคได้รับสินค้าที่มีคุณภาพและบริการที่เป็นไปตามความคาดหวังจริง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ผู้ประกอบการควรพัฒนาข้อมูลสินค้าออนไลน์ให้ครบถ้วน ชัดเจน และเป็นปัจจุบัน โดยระบุรายละเอียดสำคัญ เช่น ส่วนประกอบ แหล่งวัตถุดิบ วิธีใช้ ราคา อายุการเก็บรักษา วิธีจัดส่ง และข้อควรระวัง พร้อมใช้ภาพและวิดีโอที่ตรงกับสินค้าจริง

2) ควรกำหนดระบบตอบข้อความและดูแลลูกค้าอย่างเป็นรูปธรรม เช่น กำหนดระยะเวลาตอบคำถาม แจ้งสถานะการชำระเงินและการจัดส่ง ติดตามปัญหาหลังการขาย และมีช่องทางติดต่อที่ผู้บริโภคเข้าถึงได้ง่าย โดยเฉพาะผ่าน Facebook, LINE และช่องทางแชตออนไลน์

3) ควรสร้างความน่าเชื่อถือด้วยหลักฐานที่ตรวจสอบได้ เช่น รีวิวจากลูกค้าจริง ข้อมูลผู้ผลิตจริง ภาพกระบวนการผลิต มาตรฐานสินค้า เครื่องหมายรับรอง หรือข้อมูลความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง แทนการใช้ข้อความโฆษณาที่เกินจริง

4) ควรสื่อสารคุณค่าด้านสังคมและชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม โดยนำเสนอเรื่องราวของผู้ผลิต ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งวัตถุดิบ และผลประโยชน์ที่เกิดกับชุมชนจากการซื้อสินค้า ทั้งนี้ต้องสื่อสารตามข้อเท็จจริง และไม่ใช้เรื่องราวของชุมชนเป็นข้ออ้างเพื่อกลบข้อจำกัดด้านคุณภาพสินค้า

5) หน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานสนับสนุนผู้ประกอบการควรจัดอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการสร้างเนื้อหาดิจิทัล การถ่ายภาพสินค้า การตอบลูกค้า การจัดการรีวิว การวางระบบรับคำสั่งซื้อ และการติดตามหลังการขาย เพื่อยกระดับศักยภาพผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างต่อเนื่อง

6) การศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาวิเคราะห์ปัจจัยการตลาดดิจิทัลและคุณค่าผลิตภัณฑ์ในแบบจำลองเดียวกัน หรือศึกษาตัวแปรเพิ่มเติม เช่น ความไว้วางใจ ความตั้งใจซื้อซ้ำ การบอกต่อออนไลน์ คุณภาพบริการหลังการขาย และความภักดีของผู้บริโภค เพื่อให้สามารถอธิบายกลไกการเกิดความพึงพอใจได้ครอบคลุมมากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

จิตาพัชญ์ ใยเทศ, ลฎาภา ร่มภูชัยพฤกษ์ และอธิกัญญ์ มาลี. (2566). การพัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 8*(3), 83–96. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/259176

ชัยวิชญ์ ม่วงหมี และณุศณี มีแก้วกุญชร. (2567). การพัฒนาการจัดการตลาดดิจิทัลกะปิกลุ่มวิสาหกิจชุมชนวิธีประมงพื้นบ้าน ลานอาหารแปรรูปตาบลบางกระเจ้า อ าเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 9*(12), 1819–1832. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/271121

นงนุช ไชยผาสุข. (2568). กลยุทธ์การตลาดออนไลน์ที่ส่งผลต่อความสำเร็จของวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ, 15*(2), 247–259. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/neuarj/article/view/279932

สมาภรณ์ นวลสุทธิ์, สุจินดา พรหมขำ และบำรุง ศรีนวลปาน. (2567). การพัฒนาแพลตฟอร์มการตลาดออนไลน์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 9*(7), 1417–1432. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/271858

สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดพิจิตร. (2569, 28 มกราคม). *OTOP พิจิตรน้อมนมัสการหลวงพ่อเพชร ร่วมสืบสานผลิตภัณฑ์ชุมชนในงานนมัสการหลวงพ่อเพชรและสมโภชเมืองพิจิตร ประจาปี พ.ศ. 2569*. https://phichit.cdd.go.th/th/content/category/detail/id/8/iid/315284

Appel, G., Grewal, L., Hadi, R., & Stephen, A. T. (2020). The future of social media in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science, 48*(1), 79–95. https://doi.org/10.1007/s11747-019-00695-1

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Erkan, I., & Evans, C. (2016). The influence of eWOM in social media on consumers' purchase intentions: An extended approach to information adoption. *Computers in Human Behavior, 61*, 47–55. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.003

Kannan, P. K., & Li, H. A. (2017). Digital marketing: A framework, review and research agenda. *International Journal of Research in Marketing, 34*(1), 22–45. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.006

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing, 80*(6), 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

Nimtrakool, K., & Saisanit, S. (2023). The digital marketing that influences consumers' community product purchasing decisions through electronic commerce channels. *Arts of Management Journal, 7*(3), 1225–1247. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jam/article/view/265210

Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research, 17*(4), 460–469. https://doi.org/10.1177/002224378001700405

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Malhotra, A. (2005). E-S-QUAL: A multiple-item scale for assessing electronic service quality. *Journal of Service Research, 7*(3), 213–233. https://doi.org/10.1177/1094670504271156

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976, April 19–23). *On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity* [Paper presentation]. Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA, United States. https://eric.ed.gov/?id=ED121845

Sheth, J. N., Newman, B. I., & Gross, B. L. (1991). Why we buy what we buy: A theory of consumption values. *Journal of Business Research, 22*(2), 159–170. https://doi.org/10.1016/0148-2963(91)90050-8

Sweeney, J. C., & Soutar, G. N. (2001). Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *Journal of Retailing, 77*(2), 203–220. https://doi.org/10.1016/S0022-4359(01)00041-0

Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: A means–end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing, 52*(3), 2–22. https://doi.org/10.1177/002224298805200302

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

บุณยาพร สายแก้วผ่าน[1*] และสุปภาดา ภูรีพงศ์[2]

[1*]นักศึกษาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก
[2]อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

*E-mail: boonyaphornsaikeawpan@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0953361199

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง 2) เปรียบเทียบความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องจำแนกตามลักษณะส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ 4) วิเคราะห์ปัจจัยที่สามารถพยากรณ์ความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 400 คน ซึ่งคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = .47) โดยการยอมรับเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = .57) ตัวแปรทุกคู่มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยความพึงพอใจมีความสัมพันธ์กับความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องสูงที่สุด (r = .756) ผู้ใช้บริการที่มีอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ระยะเวลาการใช้บริการ ความถี่ในการใช้บริการ และลักษณะการทำธุรกรรมแตกต่างกัน มีความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจได้ร้อยละ 65.80 โดยคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลสูงที่สุด (β = .383) ขณะที่ปัจจัยทั้งสามร่วมกับความพึงพอใจสามารถพยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องได้ร้อยละ 63.70 โดยความพึงพอใจมีอิทธิพลสูงที่สุด (β = .406) ดังนั้น ธนาคารควรยกระดับคุณภาพและความเสถียรของระบบ ความสะดวกและความปลอดภัยในการใช้งาน ตลอดจนการแจ้งเตือนและการช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหา เพื่อเสริมสร้างความพึงพอใจและส่งเสริมการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: การยอมรับเทคโนโลยี, ความปลอดภัยดิจิทัล, คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์, ความพึงพอใจ, โมบายแบงก์กิ้ง

ABSTRACT

This research aimed to: 1) examine the levels of technology acceptance, perceived digital security, electronic service quality, satisfaction, and continuance intention to use mobile banking; 2) compare satisfaction and continuance intention across users' personal characteristics and usage behaviors; 3) investigate the relationships among the study variables; and 4) identify the factors predicting satisfaction and continuance intention. The sample comprised 400 mobile banking users in Wang Thong District, Phitsanulok Province, selected through purposive sampling. Data were collected using a questionnaire and analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, independent-samples t-test, one-way analysis of variance, Pearson's correlation coefficient, and multiple regression analysis. The findings revealed that the study factors were rated at a high level overall (M = 3.85, SD = 0.47), with technology acceptance receiving the highest mean score (M = 4.16, SD = 0.57). All variables were positively correlated at the .001 level of statistical significance, with the strongest relationship found between satisfaction and continuance intention (r = .756). Satisfaction and continuance intention differed significantly according to age, education, occupation, income, length and frequency of use, and types of transactions ($p < .001$). Technology acceptance, perceived digital security, and electronic service quality jointly explained 65.80% of the variance in satisfaction, with electronic service quality being the strongest predictor ($\beta = .383$). When satisfaction was included with these three factors, the model explained 63.70% of the variance in continuance intention, with satisfaction emerging as the strongest predictor ($\beta = .406$). The findings suggest that banks should enhance system quality and reliability, ease of use, digital security, transaction notifications, and problem-resolution support to strengthen user satisfaction and encourage continued mobile banking use.

Keyword: Technology Acceptance, Digital Security, Electronic Service Quality, Satisfaction, Mobile Banking

1. บทนำ

การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจดิจิทัลทำให้รูปแบบการให้บริการทางการเงินเปลี่ยนจากการใช้บริการผ่านสาขาธนาคารไปสู่การทำธุรกรรมผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โมบายแบงก์กิ้งจึงเป็นช่องทางสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถตรวจสอบยอดเงิน โอนเงิน ชำระค่าสินค้าและบริการ ชำระบิลสแกนคิวอาร์โค้ด และตรวจสอบประวัติรายการได้ทุกที่ทุกเวลา ส่งผลให้ประชาชนได้รับความสะดวก ลดข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ และขั้นตอนการเดินทางไปใช้บริการที่สาขา

ธนาคารแห่งประเทศไทย (2568) กำหนดทิศทางการพัฒนาระบบการชำระเงินของไทยให้มีความสะดวก ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และเข้าถึงได้อย่างทั่วถึง สะท้อนว่าการพัฒนาบริการทางการเงินดิจิทัลมิได้มุ่งเพียงเพิ่มช่องทางการทำธุรกรรม แต่ยังต้องให้ความสำคัญกับประสบการณ์ ความเชื่อมั่น และ

การคุ้มครองข้อมูลหรือทรัพย์สินของผู้ใช้บริการด้วย ดังนั้น การที่ผู้ใช้เริ่มใช้โมบายแบงก์กิ้งเพียงครั้งเดียวจึงไม่เพียงพอที่จะยืนยันว่าผู้ใช้จะเลือกใช้บริการอย่างต่อเนื่องในอนาคต

ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ของ Davis (1989) อธิบายว่า การรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับเทคโนโลยี ในบริบทโมบายแบงก์กิ้ง ผู้ใช้บริการจะมีแนวโน้มยอมรับและใช้บริการมากขึ้นเมื่อเห็นว่าระบบช่วยประหยัดเวลา ลดขั้นตอนการทำธุรกรรม และสามารถเรียนรู้หรือใช้งานได้โดยไม่ซับซ้อน

นอกจากการยอมรับเทคโนโลยีแล้ว การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัลเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากโมบายแบงก์กิ้งเกี่ยวข้องโดยตรงกับข้อมูลส่วนบุคคล เงินในบัญชี และการยืนยันตัวตนของผู้ใช้บริการ ผู้ใช้จึงต้องการความมั่นใจว่าระบบสามารถคุ้มครองข้อมูล แจ้งเตือนธุรกรรม และมีช่องทางช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ ธนาคารแห่งประเทศไทย (2566) ระบุว่าภัยทุจริตทางการเงินมีรูปแบบซับซ้อนมากขึ้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาทั้งมาตรการความปลอดภัย การสื่อสารความเสี่ยง และความรู้ด้านการป้องกันภัยทางการเงินดิจิทัลแก่ประชาชน

คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์เป็นอีกองค์ประกอบที่ส่งผลต่อประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ โดย DeLone และ McLean (2003) เสนอว่า คุณภาพระบบ คุณภาพสารสนเทศ และคุณภาพบริการมีความเชื่อมโยงกับความพึงพอใจและผลลัพธ์จากการใช้ระบบสารสนเทศ ขณะที่ Parasuraman, Zeithaml และ Malhotra (2005) ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของประสิทธิภาพ ความพร้อมใช้งาน ความน่าเชื่อถือ และการฟื้นคืนบริการเมื่อเกิดปัญหา สำหรับโมบายแบงก์กิ้ง คุณภาพบริการจึงครอบคลุมความเสถียรของระบบ ความถูกต้องและความชัดเจนของข้อมูล รวมถึงการตอบสนองต่อปัญหาของผู้ให้บริการ

ความพึงพอใจเป็นผลจากการประเมินประสบการณ์ภายหลังใช้บริการ โดย Oliver (1980) อธิบายว่าความพึงพอใจเกิดขึ้นเมื่อผลการใช้บริการสอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวังของผู้ใช้บริการ ขณะที่ Bhattacherjee (2001) เสนอว่าความพึงพอใจภายหลังการใช้ระบบมีบทบาทสำคัญต่อความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยของ Poromatikul, De Maeyer, Leelapanyalert และ Zaby (2020) และ Nguyen และ Dao (2024) สนับสนุนว่าคุณค่าที่ผู้ใช้รับรู้ ความพึงพอใจ และปัจจัยภายหลังการยอมรับเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กับความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง

อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งที่มีความหลากหลายด้านอายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ ทักษะดิจิทัล และพฤติกรรมการทำธุรกรรม ซึ่งอาจทำให้ผู้ใช้แต่ละกลุ่มให้ความสำคัญต่อประโยชน์ใช้สอย ความง่ายในการใช้งาน ความปลอดภัย และคุณภาพบริการแตกต่างกัน แม้งานวิจัยของ พิณรัตน์ นุชโพธิ์ และคุณธรรม สิทธิศักดิ์ (2562) พบว่าผู้ใช้บริการ A-Mobile ในจังหวัดพิษณุโลกให้ความสำคัญกับความสะดวก ความรวดเร็ว การประหยัดค่าใช้จ่าย และรหัสผ่านก่อนเข้าใช้บริการ แต่งานดังกล่าวยังศึกษาเฉพาะผู้ใช้บริการของธนาคารแห่งหนึ่ง และไม่ได้มุ่งวิเคราะห์ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องโดยตรง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสัมพันธ์และสามารถพยากรณ์ความพึงพอใจ ความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อธนาคารพาณิชย์ สถาบันการเงิน ผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ การสื่อสารด้านความปลอดภัย และช่องทางช่วยเหลือผู้ใช้บริการให้สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

2) เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้บริการและความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการ จำแนกตามลักษณะส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการ

3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง

4) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ที่พยากรณ์ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง และวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าวร่วมกับความพึงพอใจที่พยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง

สมมติฐานการวิจัย

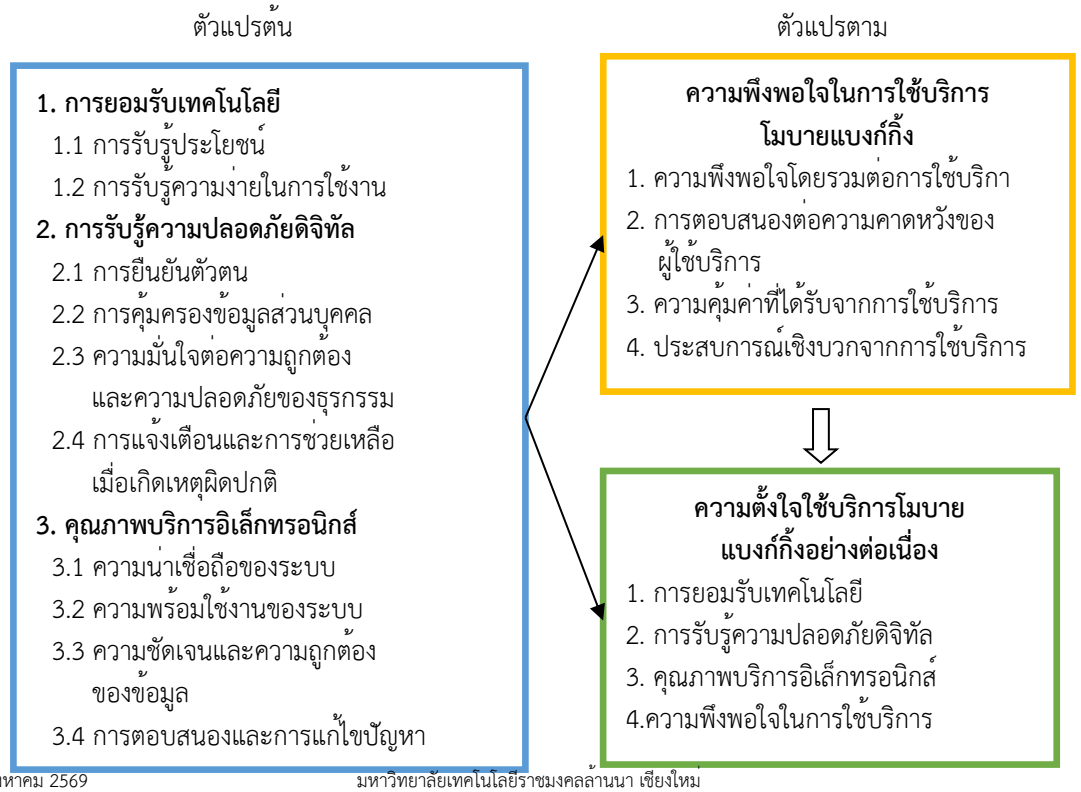
1) ผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งที่มีลักษณะส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการแตกต่างกัน มีความพึงพอใจในการใช้บริการและความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องแตกต่างกัน

2) การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์สามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ และความพึงพอใจในการใช้บริการ สามารถร่วมกันพยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับโมบายแบงก์กิ้งและบริการทางการเงินดิจิทัล

โมบายแบงก์กิ้ง หมายถึง การให้บริการทางการเงินผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ใช้บริการสามารถตรวจสอบยอดเงิน โอนเงิน ชำระค่าสินค้าและบริการ ชำระบิล สแกนคิวอาร์โค้ด และตรวจสอบประวัติรายการได้ด้วยตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางไปยังสาขาธนาคารทุกครั้ง โมบายแบงก์กิ้งจึงช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ และขั้นตอนการรับบริการ อีกทั้งช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการบริหารจัดการทางการเงินของผู้ใช้บริการ

อย่างไรก็ตาม โมบายแบงก์กิ้งมิใช่เพียงช่องทางการทำธุรกรรม แต่เป็นจุดสัมผัสสำคัญระหว่างธนาคารกับลูกค้า ผู้ใช้บริการมักประเมินความน่าเชื่อถือและคุณภาพของธนาคารจากประสบการณ์ใช้งานแอปพลิเคชัน เช่น ความรวดเร็ว ความถูกต้องของข้อมูล ความง่ายของขั้นตอน ความปลอดภัย และความสามารถในการช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหา ธนาคารแห่งประเทศไทย (2568) จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบการชำระเงินที่สะดวก ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และประชาชนเข้าถึงได้อย่างทั่วถึง

2.2 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี

ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี หรือ Technology Acceptance Model: TAM ของ Davis (1989) อธิบายว่า การตัดสินใจยอมรับและใช้เทคโนโลยีของบุคคลขึ้นอยู่กับความเชื่อสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน

การรับรู้ประโยชน์ หมายถึง ระดับที่ผู้ใช้บริการเห็นว่าโมบายแบงก์กิ้งช่วยให้การทำธุรกรรมทางการเงินสะดวก รวดเร็ว ลดเวลา ลดการเดินทาง และลดความยุ่งยากของขั้นตอน ขณะที่การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน หมายถึง การที่ผู้ใช้บริการเห็นว่าแอปพลิเคชันมีเมนู ข้อความ และขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถเรียนรู้และทำธุรกรรมได้ด้วยตนเองโดยไม่ซับซ้อน

แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับ Venkatesh และ Davis (2000) และ Venkatesh และ Bala (2008) ซึ่งเสนอว่าการรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้งานมีความสัมพันธ์กับทัศนคติ ความตั้งใจ และพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี ดังนั้น ผู้ใช้ที่เห็นว่าโมบายแบงก์กิ้งมีประโยชน์และใช้งานง่าย ย่อมมีแนวโน้มเกิดความพึงพอใจและต้องการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล

การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล หมายถึง ระดับความเชื่อมั่นของผู้ใช้บริการว่าบัญชี ข้อมูลส่วนบุคคล และธุรกรรมทางการเงินของตนได้รับการคุ้มครองอย่างเหมาะสม โดยครอบคลุมการยืนยันตัวตน การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ความถูกต้องและความปลอดภัยของธุรกรรม ตลอดจนการแจ้งเตือนและการช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ

Flavián และ Guinalíu (2006) อธิบายว่า ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อบริการออนไลน์มีความเกี่ยวข้องกับการรับรู้ด้านความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว หากผู้ใช้เห็นว่าผู้ให้บริการมีมาตรการป้องกันความเสี่ยงที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือ ย่อมเกิดความไว้วางใจและมีแนวโน้มใช้บริการต่อไป

สำหรับโมบายแบงก์กิ้ง การรับรู้ความปลอดภัยมิได้หมายถึงการประเมินระบบรักษาความมั่นคงปลอดภัยเชิงเทคนิคโดยตรง แต่เป็นการประเมินจากมุมมองของผู้ใช้บริการ เช่น การใช้รหัสผ่าน รหัส OTP

การยืนยันตัวตนด้วยลายนิ้วมือหรือใบหน้า การแจ้งเตือนธุรกรรม การตรวจสอบประวัติรายการย้อนหลัง และความสะดวกในการติดต่อธนาคารเมื่อพบเหตุผิดปกติ ดังนั้น การสื่อสารมาตรการความปลอดภัยให้ผู้ใช้เข้าใจง่ายจึงมีความสำคัญไม่แพ้การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยภายใน

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์

คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การประเมินของผู้ใช้บริการต่อคุณภาพของระบบและการให้บริการผ่านช่องทางดิจิทัล DeLone และ McLean (2003) เสนอว่า คุณภาพระบบ คุณภาพสารสนเทศ และคุณภาพบริการ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและผลลัพธ์จากการใช้ระบบสารสนเทศ

ในบริบทโมบายแบงก์กิ้ง คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของระบบ ความพร้อมใช้งานของระบบ ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูล และการตอบสนองหรือการแก้ไขปัญหา กล่าวคือ ระบบควรทำงานได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่อง ข้อมูลธุรกรรมต้องชัดเจน ตรวจสอบได้ และผู้ใช้ควรได้รับความช่วยเหลืออย่างรวดเร็วเมื่อเกิดปัญหา

Parasuraman, Zeithaml และ Malhotra (2005) เสนอแนวคิด E-S-QUAL และ E-RecS-QUAL ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของประสิทธิภาพ ความพร้อมใช้งาน ความน่าเชื่อถือ และการฟื้นคืนบริการเมื่อเกิดปัญหา แนวคิดดังกล่าวสะท้อนว่า คุณภาพของโมบายแบงก์กิ้งไม่ได้วัดจากจำนวนฟังก์ชันเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงความสามารถของธนาคารในการช่วยให้ผู้ใช้กลับมาทำธุรกรรมได้อย่างมั่นใจเมื่อระบบขัดข้องหรือเกิดข้อสงสัย

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้บริการ

ความพึงพอใจในการใช้บริการเป็นผลจากการประเมินประสบการณ์ของผู้ใช้บริการภายหลังการใช้งาน Oliver (1980) อธิบายว่า ความพึงพอใจเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างความคาดหวังก่อนใช้บริการกับผลที่ได้รับจริง หากผลการใช้บริการเป็นไปตามหรือสูงกว่าความคาดหวัง ผู้ใช้ย่อมเกิดความพึงพอใจ

ในบริบทของโมบายแบงก์กิ้ง ผู้ใช้บริการมักคาดหวังความสะดวก ความรวดเร็ว ความถูกต้อง ความปลอดภัย และการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม ดังนั้น ความพึงพอใจจึงสะท้อนการประเมินโดยรวมว่าโมบายแบงก์กิ้งสามารถตอบสนองต่อความต้องการ มีความคุ้มค่า และสร้างประสบการณ์เชิงบวกแก่ผู้ใช้บริการได้มากน้อยเพียงใด

2.6 แนวคิดเกี่ยวกับความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง หมายถึง ความตั้งใจของผู้ใช้บริการที่จะคงการใช้โมบายแบงก์กิ้งต่อไปในอนาคต เลือกใช้เป็นช่องทางสำคัญในการทำธุรกรรม และกลับมาใช้บริการอย่างสม่ำเสมอเมื่อมีความจำเป็น

Bhattacherjee (2001) เสนอแบบจำลองการยืนยันความคาดหวัง หรือ Expectation-Confirmation Model: ECM โดยอธิบายว่า ความพึงพอใจภายหลังการใช้ระบบเป็นปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้ผู้ใช้ตัดสินใจใช้ระบบอย่างต่อเนื่อง ผู้ใช้บริการอาจเริ่มใช้โมบายแบงก์กิ้งจากความสะดวกหรือความจำเป็น แต่การใช้บริการต่อไปขึ้นอยู่กับประสบการณ์จริงที่ได้รับจากระบบ

ดังนั้น ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องจึงมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ประโยชน์ ความง่ายในการใช้งาน ความปลอดภัย คุณภาพบริการ และความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ โดยเฉพาะความพึงพอใจซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่เชื่อมโยงประสบการณ์การใช้บริการกับพฤติกรรมการใช้ในอนาคต

2.7 ปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง

ลักษณะส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน อาจมีความสัมพันธ์กับความพร้อมในการใช้เทคโนโลยี ความคุ้นเคยกับสมาร์ตโฟน ความกังวลด้านความปลอดภัย และความคาดหวังต่อบริการ ขณะที่พฤติกรรมการใช้บริการ ได้แก่ ระยะเวลาการใช้บริการ ความถี่ในการใช้บริการ ประเภทธุรกรรม เหตุผลในการใช้บริการ และลักษณะการใช้โมบายแบงก์กิ้งเป็นช่องทางหลักหรือช่องทางรอง สามารถสะท้อนประสบการณ์และความผูกพันของผู้ใช้บริการต่อระบบได้

ผู้ใช้ใหม่หรือผู้ที่มีทักษะดิจิทัลจำกัดอาจต้องการคำแนะนำและขั้นตอนที่เข้าใจง่าย ขณะที่ผู้ใช้บริการบ่อยอาจให้ความสำคัญกับความรวดเร็ว ความเสถียรของระบบ และความพร้อมใช้งานของบริการมากกว่า ดังนั้น ปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการจึงถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรจัดกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการแต่ละกลุ่ม

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่า การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ เป็นปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กับความพึงพอใจและความตั้งใจใช้โมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ผลของแต่ละปัจจัยอาจแตกต่างกันตามบริบทของผู้ใช้บริการ ประเภทธนาคาร และลักษณะของพื้นที่ศึกษา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Survey Research) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ในช่วงเวลาที่กำหนดเพียงครั้งเดียว

การวิจัยมุ่งศึกษาการรับรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งใน 5 ประเด็น ได้แก่ การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง

การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ กำหนดเป็นตัวแปรต้น ความพึงพอใจในการใช้บริการกำหนดเป็นตัวแปรตามลำดับแรก และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องกำหนดเป็นตัวแปรตามลำดับสุดท้าย ส่วนลักษณะส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการกำหนดเป็นตัวแปรจัดกลุ่ม เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

3.2 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร ในการวิจัย ได้แก่ บุคคลที่มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ซึ่งมีภูมิลำเนา พักอาศัย ปฏิบัติงาน หรือดำเนินชีวิตประจำวันในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก และเคยใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์หรือสถาบันการเงินอย่างน้อย 1 ครั้ง ภายในระยะเวลา 6 เดือนก่อนตอบแบบสอบถาม เนื่องจากไม่ปรากฏฐานรายชื่อผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งของทุกสถาบันการเงินในระดับอำเภอที่เปิดเผยต่อสาธารณะ อีกทั้งข้อมูลผู้ใช้บริการเป็นข้อมูลส่วนบุคคล ผู้วิจัยจึงไม่สามารถกำหนดกรอบรายชื่อประชากรที่สมบูรณ์เพื่อนำมาใช้สุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็นได้

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Cochran (1977) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

เมื่อกำหนดให้

n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

Z แทน ค่ามาตรฐานที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เท่ากับ 1.96

p แทน สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าจะมีคุณลักษณะตามที่ศึกษา เท่ากับ .50

q แทน สัดส่วนของประชากรที่ไม่มีคุณลักษณะตามที่ศึกษา เท่ากับ .50

e แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ เท่ากับ .05

$$n = \frac{(1.96)^2(.50)\ (.50)}{(.05)^2}$$

$N = 384.16$

ดังนั้น ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 385 คน และเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากแบบสอบถามที่ตอบไม่สมบูรณ์หรือไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้จำนวน 400 คน

3.2.3 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากไม่สามารถจัดทำกรอบรายชื่อผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งในอำเภอวังทองได้อย่างครบถ้วน ผู้ตอบแบบสอบถามต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ ดังนี้ มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป มีภูมิลำเนาพักอาศัย ปฏิบัติงาน หรือดำเนินชีวิตประจำวันในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก เคยใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งของธนาคารพาณิชย์หรือสถาบันการเงินอย่างน้อย 1 ครั้ง ภายในระยะเวลา 6 เดือนก่อนตอบแบบสอบถาม ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และสามารถตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการทั้งแบบออฟไลน์และแบบออนไลน์ เพื่อให้สามารถเข้าถึงผู้ใช้บริการที่มีลักษณะหลากหลาย เช่น ผู้ใช้บริการที่มีช่วงอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และประสบการณ์ใช้บริการแตกต่างกัน

การเก็บข้อมูลแบบออฟไลน์ดำเนินการในพื้นที่สาธารณะ ชุมชน ตลาด สถานประกอบการ หรือจุดที่เหมาะสมในอำเภอวังทอง ส่วนการเก็บข้อมูลแบบออนไลน์ดำเนินการผ่านแบบสอบถามอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีคำถามคัดกรองเพื่อให้แน่ใจว่าผู้ตอบอยู่ในพื้นที่ศึกษาและมีประสบการณ์ใช้โมบายแบงก์กิ้งตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

3.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ปัจจัยที่คาดว่ามีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1) การยอมรับเทคโนโลยี ประกอบด้วย การรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ง่ายในการใช้งาน

2) การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล ประกอบด้วย การยืนยันตัวตน การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ความมั่นใจต่อความถูกต้องและความปลอดภัยของธุรกรรม และ การแจ้งเตือนและการช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ

3) คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ความน่าเชื่อถือของระบบความพร้อมใช้งานของระบบ ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูล และการตอบสนอง และการแก้ไขปัญหา

3.3.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย 2 ตัวแปร ได้แก่ 1) ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง ประกอบด้วย ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้บริการ การตอบสนองต่อความคาดหวังของผู้ใช้บริการ ความคุ้ม

ค่าที่ได้รับจากการใช้บริการ และประสบการณ์เชิงบวกจากการใช้บริการ 2) ความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย ความตั้งใจใช้บริการในอนาคต ความตั้งใจเลือกใช้โมบายแบงก์กิ้งเมื่อมีธุรกรรมที่เหมาะสม ความตั้งใจใช้บริการเป็นช่องทางสำคัญในการทำธุรกรรม และความตั้งใจคงการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเอง (Self-administered Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 6 ตอน รวมจำนวน 45 ข้อ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 คำถามคัดกรองและข้อมูลส่วนบุคคล แบบสอบถามตอนที่ 1 มีจำนวน 8 ข้อ ประกอบด้วยคำถามคัดกรองคุณสมบัติของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ อายุ การพักอาศัยหรือดำเนินชีวิตประจำวันในอำเภอวังทอง และประสบการณ์ใช้โมบายแบงก์กิ้งภายในระยะเวลา 6 เดือนก่อนตอบแบบสอบถาม นอกจากนี้ยังประกอบด้วยข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และธนาคารหรือแอปพลิเคชันโมบายแบงก์กิ้งที่ใช้บริการเป็นประจำ ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการและแบบเลือกตอบตามข้อเท็จจริงของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง แบบสอบถามตอนที่ 2 มีจำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย ระยะเวลาการใช้บริการ ความถี่ในการใช้บริการ ประเภทธุรกรรมที่ใช้เป็นประจำ เหตุผลหลักในการใช้บริการ และลักษณะการใช้โมบายแบงก์กิ้งเป็นช่องทางสำคัญในการทำธุรกรรมทางการเงิน คำถามในตอนนี้เป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการและแบบเลือกตอบ เพื่อนำไปใช้อธิบายลักษณะกลุ่มตัวอย่าง และใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องระหว่างกลุ่มผู้ใช้บริการ

ตอนที่ 3 การยอมรับเทคโนโลยี แบบสอบถามตอนที่ 3 มีจำนวน 8 ข้อ แบ่งเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ จำนวน 4 ข้อ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน จำนวน 4 ข้อ ประเด็นคำถามครอบคลุมการประหยัดเวลา การลดการเดินทาง การลดขั้นตอนในการทำธุรกรรม ความสะดวกในการเข้าถึงบริการ ความชัดเจนของเมนูและข้อความ การเรียนรู้วิธีใช้บริการได้ด้วยตนเอง และการทำธุรกรรมโดยไม่ยุ่งยาก

ตอนที่ 4 การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล แบบสอบถามตอนที่ 4 มีจำนวน 8 ข้อ แบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การยืนยันตัวตน จำนวน 2 ข้อ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 2 ข้อ ความมั่นใจต่อความถูกต้องและความปลอดภัยของธุรกรรม จำนวน 2 ข้อ และการแจ้งเตือนและการช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ จำนวน 2 ข้อ ประเด็นคำถามครอบคลุมความมั่นใจต่อการเข้าสู่ระบบและการยืนยันตัวตน ความเชื่อมั่นว่าข้อมูลส่วนบุคคลได้รับการคุ้มครอง ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของธุรกรรม การได้รับการแจ้งเตือนเมื่อมีรายการสำคัญ และความสะดวกในการติดต่อธนาคารเมื่อพบเหตุผิดปกติ

ตอนที่ 5 คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ แบบสอบถามตอนที่ 5 มีจำนวน 8 ข้อ แบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของระบบ จำนวน 2 ข้อ ความพร้อมใช้งานของระบบ จำนวน 2 ข้อ ความชัดเจนและความถูกต้องของข้อมูล จำนวน 2 ข้อ และการตอบสนองและการแก้ไขปัญหา จำนวน 2 ข้อ ประเด็นคำถามครอบคลุมความถูกต้องของข้อมูลและผลการทำธุรกรรม ความเสถียรของระบบ ความพร้อมใช้งานของแอปพลิเคชัน ความชัดเจนของรายละเอียดธุรกรรม และความสามารถของผู้ให้บริการในการตอบสนองหรือช่วยแก้ไขปัญหาแก่ผู้ใช้บริการ

ตอนที่ 6 ความพึงพอใจในการใช้บริการและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง แบบสอบถามตอนที่ 6 มีจำนวน 8 ข้อ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง จำนวน 4 ข้อ

ประกอบด้วย ความพึงพอใจโดยรวม การตอบสนองต่อความคาดหวัง ความคุ้มค่าที่ได้รับ และประสบการณ์เชิงบวกจากการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย ความตั้งใจใช้บริการต่อไปในอนาคต ความตั้งใจเลือกใช้บริการเมื่อมีธุรกรรมที่เหมาะสม ความตั้งใจใช้บริการเป็นช่องทางสำคัญในการทำธุรกรรม และความตั้งใจคงการใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

3.5 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยนำแบบสอบถามฉบับร่างเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย นิยามเชิงปฏิบัติการ และองค์ประกอบของตัวแปรที่ต้องการศึกษา โดยผู้ทรงคุณวุฒิประกอบด้วยผู้มีความรู้และประสบการณ์ด้านบริหารธุรกิจหรือการตลาดดิจิทัล ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศหรือการเงินดิจิทัล และด้านระเบียบวิธีวิจัย ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินข้อคำถามแต่ละข้อโดยให้คะแนน +1 เมื่อเห็นว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้อง และคะแนน −1 เมื่อเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ จากนั้นผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้รับมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือ Index of Item-Objective Congruence: IOC ตามแนวคิดของ Rovinelli และ Hambleton (1977)

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พบว่าข้อคำถามมาตราส่วนประมาณค่าในตอนที่ 3–6 จำนวน 32 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์อยู่ระหว่าง .67–1.00 โดยข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป จึงถือว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและสามารถนำไปใช้ได้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ปรับปรุงถ้อยคำของข้อคำถามบางข้อให้มีความชัดเจน กระชับ และเหมาะสมกับบริบทของผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งมากยิ่งขึ้นตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ก่อนนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ การคำนวณค่า IOC ของข้อคำถามข้อหนึ่ง กรณีผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านให้คะแนน +1, +1 และ 0 มีรายละเอียดดังนี้ เมื่อข้อคำถามมีค่า IOC เท่ากับ .67 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ .50 จึงสามารถคงข้อคำถามดังกล่าวไว้ในแบบสอบถามได้

ภายหลังการปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลจริง ในอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน เพื่อพิจารณาความชัดเจนของภาษา ความเข้าใจในข้อคำถาม ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถาม และตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค หรือ Cronbach’s Alpha Coefficient (Cronbach, 1951) โดยกำหนดเกณฑ์ว่าค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตั้งแต่ .70 ขึ้นไป แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับยอมรับได้ (Nunnally, 1978)

ผลการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามจากการทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน พบว่า แบบสอบถามด้านการยอมรับเทคโนโลยีมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .88 ด้านการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัลมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .90 ด้านคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .89 ด้านความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .86 และด้านความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .84 สำหรับแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าทั้งฉบับจำนวน 32 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .89 ผลการตรวจสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แบบสอบถามทุกด้านมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาสูงกว่า .70 จึงถือว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดีมาก และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรวจสอบความสมบูรณ์ ลงรหัส และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของแบบสอบถาม ความถูกต้องของการลงรหัสข้อมูล ข้อมูลที่ขาดหาย และความผิดปกติของข้อมูล แบบสอบถามที่ไม่ผ่านคำถามคัดกรอง ตอบไม่ครบถ้วนในส่วนสำคัญ หรือตอบในลักษณะที่ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ จะไม่นำเข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูลหลัก

3.6.2 สถิติพรรณนา ผู้วิจัยใช้สถิติพรรณนาเพื่ออธิบายลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและระดับของตัวแปร ดังนี้ 1) ใช้ความถี่และร้อยละ เพื่ออธิบายข้อมูลส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง 2) ใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายระดับการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่ออธิบายระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยจากความกว้างของอันตรภาคชั้นเท่ากับ 0.80 ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง อยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.6.3 สถิติอนุมาน ใช้สถิติอนุมานเพื่อตอบวัตถุประสงค์และทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1) การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ผู้วิจัยใช้การทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างอิสระ หรือ Independent Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องระหว่างกลุ่มที่มี 2 กลุ่ม เช่น เพศ สำหรับตัวแปรจัดกลุ่มที่มีตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป เช่น อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระยะเวลาการใช้บริการ และความถี่ในการใช้บริการ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หรือ One-way Analysis of Variance: One-way ANOVA

ก่อนวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ผู้วิจัยตรวจสอบความเท่าเทียมกันของความแปรปรวนด้วย Levene’s Test หากความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน จะใช้ One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Tukey HSD แต่หากความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน จะใช้ Welch ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Games-Howell ในการรายงานผล ผู้วิจัยรายงานค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า t หรือค่า F ค่านัยสำคัญทางสถิติ และขนาดอิทธิพลตามความเหมาะสม เช่น Cohen’s d หรือ eta squared (Cohen, 1988)

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผู้วิจัยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน หรือ Pearson’s Product Moment Correlation Coefficient เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง −1.00 ถึง +1.00 โดยค่าบวกแสดงถึงความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนค่าลบแสดงถึงความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ผู้วิจัยพิจารณาระดับความสัมพันธ์จากค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ โดยมีเกณฑ์การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	**ระดับความสัมพันธ์**
.90–1.00	สูงมาก
.70–.89	สูง

.50–.69 ปานกลาง
.30–.49 ต่ำ
.00–.29 ต่ำมากหรือแทบไม่มีความสัมพันธ์

3) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าพร้อมกัน หรือ Multiple Regression Analysis: Enter Method เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์ต่อความพึงพอใจในการใช้บริการ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าพร้อมกัน (Multiple Regression Analysis: Enter Method) จำนวน 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองที่ 1 วิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ที่ร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง และแบบจำลองที่ 2 วิเคราะห์ตัวแปรดังกล่าวร่วมกับความพึงพอใจในการใช้บริการที่พยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการถดถอยพหุคูณ ได้แก่ 1) ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร พิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างค่าพยากรณ์มาตรฐานกับค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 2) ความเป็นอิสระของค่าคลาดเคลื่อน พิจารณาจากสถิติ Durbin–Watson โดยค่าที่อยู่ระหว่าง 1.50–2.50 แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกัน 3) ปัญหาความสัมพันธ์พหุร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ พิจารณาจากค่า Tolerance ซึ่งควรมากกว่า .20 และค่า Variance Inflation Factor (VIF) ซึ่งควรต่ำกว่า 5.00 4) ความเป็นปกติของค่าคลาดเคลื่อน พิจารณาจาก Histogram และ Normal P–P Plot โดยค่าคลาดเคลื่อนควรมีการกระจายใกล้เคียงโค้งปกติและจุดข้อมูลควรเรียงตัวใกล้เส้นทแยงมุม และ 5) ความแปรปรวนคงที่ของค่าคลาดเคลื่อน พิจารณาจาก Scatterplot ระหว่างค่าพยากรณ์มาตรฐานกับค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ซึ่งจุดข้อมูลควรกระจายอย่างสุ่มรอบเส้นศูนย์และไม่ปรากฏรูปแบบกรวยหรือรูปแบบที่เป็นระบบ ทั้งนี้ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3.7 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยยึดหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ก่อนเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และสิทธิของผู้เข้าร่วมวิจัยให้ทราบอย่างชัดเจน ผู้เข้าร่วมวิจัยตัดสินใจเข้าร่วมด้วยความสมัครใจและสามารถปฏิเสธหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเวลาโดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ แบบสอบถามไม่เก็บชื่อ เลขประจำตัวประชาชน เลขบัญชีธนาคาร หรือข้อมูลที่สามารถระบุตัวบุคคลได้ ข้อมูลที่ได้รับถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำเสนอผลในภาพรวมเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก สรุปผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาระดับปัจจัยที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษา	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	ลำดับ
การยอมรับเทคโนโลยี	4.16	.57	มาก	1

การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล	3.84	.62	มาก	3
คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์	3.70	.59	มาก	5
ความพึงพอใจในการใช้บริการ	3.71	.65	มาก	4
ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง	3.86	.62	มาก	2
รวม	**3.85**	**.47**	**มาก**	**–**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งมีความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = .47) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = .57) รองลงมา ได้แก่ ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.86, S.D. = .62) การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล ($\bar{x}$ = 3.84, S.D. = .62) ความพึงพอใจในการใช้บริการ ($\bar{x}$ = 3.71, S.D. = .65) และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ($\bar{x}$ = 3.70, S.D. = .59)

4.2 ผลการเปรียบเทียบจำแนกตามลักษณะส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

ตัวแปรจำแนก	ผลการเปรียบเทียบ	ระดับนัยสำคัญ
เพศ	ไม่แตกต่างกัน	$p > .05$
อายุ	แตกต่างกัน	$p < .05$
ระดับการศึกษา	แตกต่างกัน	$p < .05$
อาชีพ	แตกต่างกัน	$p < .05$
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	แตกต่างกัน	$p < .05$
แอปพลิเคชันที่ใช้เป็นประจำ	ไม่แตกต่างกัน	$p > .05$
ระยะเวลาการใช้บริการ	แตกต่างกัน	$p < .05$
ความถี่ในการใช้บริการ	แตกต่างกัน	$p < .05$
ลักษณะการใช้บริการ	แตกต่างกัน	$p < .05$
เหตุผลหลักในการเลือกใช้	ไม่แตกต่างกัน	$p > .05$

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ใช้บริการที่มีอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระยะเวลาการใช้บริการ ความถี่ในการใช้บริการ และลักษณะการใช้บริการแตกต่างกัน มีความพึงพอใจหรือความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ผู้ใช้บริการที่มีเพศ แอปพลิเคชันที่ใช้เป็นประจำ และเหตุผลหลักในการเลือกใช้แตกต่างกัน มีความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

คู่ตัวแปร	r	p	ระดับความสัมพันธ์
ความพึงพอใจ–ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง	.756	< .001	สูง
คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์–ความพึงพอใจ	.728	< .001	สูง
การยอมรับเทคโนโลยี–ความพึงพอใจ	.702	< .001	สูง

ความสัมพันธ์ของตัวแปรคู่อื่น ๆ	.574–.701	< .001	ปานกลางถึงสูง

จากตารางที่ 3 พบว่า ตัวแปรทุกคู่มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .574–.756 คู่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุดคือ ความพึงพอใจกับความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง (r = .756, p < .001) รองลงมาคือ คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์กับความพึงพอใจ (r = .728, p < .001) และการยอมรับเทคโนโลยีกับความพึงพอใจ (r = .702, p < .001) ตามลำดับ

4.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่พยากรณ์ความพึงพอใจ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อพยากรณ์ความพึงพอใจ

ตัวแปรพยากรณ์	B	S.E.	β	t	p	VIF
ค่าคงที่	−.022	.160	–	−.14	.887	–
การยอมรับเทคโนโลยี (X_1)	.365	.037	.334	9.86	< .001	2.15
การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล (X_2)	.219	.034	.223	6.44	< .001	1.91
คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ (X_3)	.371	.037	.383	10.03	< .001	2.37
R = .811, R^2 = .658, Adjusted R^2 = .656, F = 269.30, p < .001, Durbin–Watson = 1.89						

จากตารางที่ 4 พบว่า การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล และคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์สามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจได้ร้อยละ 65.80 (R^2 = .658, Adjusted R^2 = .656) และแบบจำลองมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 269.30, p < .001) ตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุดคือคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ (β = .383, p < .001) รองลงมาคือการยอมรับเทคโนโลยี (β = .334, p < .001) และการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล (β = .223, p < .001) ตามลำดับ ค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.91–2.37 ซึ่งต่ำกว่า 5.00 จึงไม่พบปัญหาความสัมพันธ์พหุร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ และค่า Durbin–Watson เท่ากับ 1.89 แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระในระดับที่ยอมรับได้

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ คือ

$\hat{Y}$ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง = −0.022 + 0.365(X_1) + 0.219(X_2) + 0.371(X_3)

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน คือ

Zความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง = 0.334Z_{X1} + 0.223Z_{X2} + 0.383Z_{X3}

4.5 ผลการพยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อพยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง

ตัวแปรพยากรณ์	B	S.E.	β	t	p	Tolerance	VIF
ค่าคงที่	.384	.151	–	2.54	.011	–	–
การยอมรับเทคโนโลยี (X_1)	.232	.039	.216	5.95	< .001	.407	2.46
การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล (X_2)	.125	.033	.129	3.79	< .001	.529	1.89
คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ (X_3)	.149	.039	.157	3.82	< .001	.368	2.72
ความพึงพอใจ (X_4)	.399	.043	.406	9.28	< .001	.339	2.95
ค่าคงที่	.384	.151	–	2.54	.011	–	–
R = .798, R^2 = .637, Adjusted R^2 = .634, F(4, 419) = 183.82, p < .001 Durbin–Watson = 1.94							

จากตารางที่ 5 พบว่า การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ และความพึงพอใจ สามารถร่วมกันพยากรณ์ความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $F(4,419)=183.82, p<.001$ โดยแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่องได้ร้อยละ 63.70 ($R^2 = .637$, Adjusted $R^2 = .634$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรพยากรณ์ พบว่า ความพึงพอใจมีอิทธิพลสูงที่สุด ($\beta = .406$, $t = 9.28$, $p < .001$) รองลงมาคือ การยอมรับเทคโนโลยี ($\beta = .216$, $t = 5.95$, $p < .001$) คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ($\beta = .157$, $t = 3.82$, $p < .001$) และการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล ($\beta = .129$, $t = 3.79$, $p < .001$) ตามลำดับ ค่า Tolerance อยู่ระหว่าง .339–.529 และค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.89–2.95 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ Tolerance มากกว่า .20 และ VIF น้อยกว่า 5.00 จึงไม่พบปัญหาความสัมพันธ์พหุร่วมระหว่างตัวแปรอิสระ ส่วนค่า Durbin–Watson เท่ากับ 1.94 ซึ่งใกล้เคียง 2 แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระและแบบจำลองเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้ง ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีการยอมรับเทคโนโลยีโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านการรับรู้ประโยชน์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ผลดังกล่าวเป็นเพราะว่า โมบายแบงก์กิ้งช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถโอนเงิน ชำระค่าสินค้า ชำระบิล ตรวจสอบยอดเงิน และติดตามรายการธุรกรรมได้อย่างรวดเร็ว ลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย และลดความจำเป็นในการเดินทางไปใช้บริการที่สาขาธนาคาร ผู้ใช้จึงรับรู้ถึงประโยชน์ของระบบได้อย่างชัดเจนจากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวัน ผลการวิจัยสอดคล้องกับทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีของ Davis (1989) ซึ่งอธิบายว่า การรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้บุคคลยอมรับและใช้เทคโนโลยี โดยเมื่อผู้ใช้เห็นว่าระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและใช้งานได้ไม่ซับซ้อน ย่อมเกิดทัศนคติเชิงบวกต่อเทคโนโลยีนั้น ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของพิณรัตน์ นุชโพธิ์ และคุณธรรม สิทธิศักดิ์ (2563) ที่พบว่า ผู้ใช้บริการ A-Mobile ในจังหวัดพิษณุโลกให้ความสำคัญกับความสะดวก ความรวดเร็ว การประหยัดเวลา และการลดภาระการเดินทางไปใช้บริการที่ธนาคาร นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Naruetharadhol et al. (2021) ที่พบว่า การรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง

5.2 การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัลและคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้บริการมีการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัลและคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์โดยรวมอยู่ในระดับมาก อย่างไรก็ตาม ด้านการแจ้งเตือนและการช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุผิดปกติ รวมถึงด้านการตอบสนองและการแก้ไขปัญหาของผู้ให้บริการ อยู่ในระดับปานกลาง ผลดังกล่าวเป็นเพราะว่า ผู้ใช้บริการมีความมั่นใจต่อระบบยืนยันตัวตน การรักษาความปลอดภัยของธุรกรรม และการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังในระดับหนึ่ง แต่เมื่อเกิดปัญหา เช่น การทำธุรกรรมล่าช้า การโอนเงินผิดพลาด หรือข้อสงสัยเกี่ยวกับภัยมิจฉาชีพ ผู้ใช้ยังอาจเข้าถึงช่องทางช่วยเหลือได้ไม่รวดเร็วหรือไม่ได้รับคำตอบที่ชัดเจนเพียงพอ ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดของ DeLone และ McLean (2003) ที่เสนอว่า คุณภาพระบบ คุณภาพสารสนเทศ และคุณภาพบริการเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ อีกทั้งสอดคล้องกับแนวคิด E-S-QUAL ของ Parasuraman, Zeithaml และ Malhotra (2005) ซึ่งให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพ ความพร้อมใช้งาน ความน่าเชื่อถือ และ

การฟื้นคืนบริการเมื่อเกิดปัญหา ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Flavián และ Guinalíu (2006) ที่พบว่า การรับรู้ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวมีความสำคัญต่อความเชื่อมั่นของผู้ใช้บริการออนไลน์ กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้มั่นใจว่าข้อมูลส่วนบุคคลและธุรกรรมได้รับการคุ้มครอง ย่อมมีแนวโน้มประเมินบริการในทางบวกและพร้อมใช้บริการต่อไป

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยพบว่า การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ ความพึงพอใจ และความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันทุกคู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ความสัมพันธ์ที่มีค่าสูงที่สุด คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจในการใช้บริการกับความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง แสดงว่า เมื่อผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ที่ดีจากการใช้งาน เช่น ระบบรวดเร็ว ใช้งานง่าย ข้อมูลถูกต้อง ปลอดภัย และได้รับความช่วยเหลือที่เหมาะสม ย่อมเกิดความพึงพอใจและต้องการใช้โมบายแบงก์กิ้งต่อไปในอนาคต ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดการยืนยันความคาดหวังของ Oliver (1980) ที่อธิบายว่า ความพึงพอใจเกิดขึ้นเมื่อผลการใช้บริการสอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวังของผู้ใช้บริการ และสอดคล้องกับแบบจำลองการใช้ระบบสารสนเทศอย่างต่อเนื่องของ Bhattacherjee (2001) ซึ่งชี้ว่าความพึงพอใจภายหลังการใช้บริการเป็นปัจจัยสำคัญต่อความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Poromatikul, De Maeyer, Leelapanyalert และ Zaby (2020) ที่พบว่า ความพึงพอใจ ความไว้วางใจ และการยืนยันความคาดหวังมีความสัมพันธ์กับความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งสอดคล้องกับ Nguyen และ Dao (2024) ที่พบว่า ความพึงพอใจและความไว้วางใจเป็นปัจจัยสำคัญต่อการคงการใช้บริการทางการเงินผ่านระบบดิจิทัล

5.4 ปัจจัยที่พยากรณ์ความพึงพอใจและความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ การยอมรับเทคโนโลยี และการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล สามารถร่วมกันพยากรณ์ความพึงพอใจในการใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งได้ โดยคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลเชิงพยากรณ์สูงที่สุด ผลดังกล่าวเป็นเพราะว่า คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้รับรู้จากประสบการณ์โดยตรงในทุกครั้งที่ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นความเสถียรของระบบ ความรวดเร็วในการประมวลผล ความชัดเจนของข้อมูล ความถูกต้องของธุรกรรม และการตอบสนองเมื่อเกิดปัญหา หากองค์ประกอบเหล่านี้มีคุณภาพ ย่อมทำให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจและประเมินบริการในเชิงบวก ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดของ DeLone และ McLean (2003) ที่อธิบายว่า คุณภาพระบบ คุณภาพสารสนเทศ และคุณภาพบริการมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจและผลสำเร็จของการใช้ระบบสารสนเทศ รวมทั้งสอดคล้องกับ Parasuraman et al. (2005) ที่ระบุว่าคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทสำคัญต่อการประเมินประสบการณ์ของผู้ใช้บริการดิจิทัล สำหรับความตั้งใจใช้บริการอย่างต่อเนื่อง พบว่า ความพึงพอใจในการใช้บริการมีอิทธิพลเชิงพยากรณ์สูงที่สุด รองลงมาคือ การยอมรับเทคโนโลยี คุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์ และการรับรู้ความปลอดภัยดิจิทัล ผลดังกล่าวเป็นเพราะว่า ผู้ใช้จะตัดสินใจใช้บริการต่อเนื่องเมื่อเห็นว่าบริการตอบสนองความต้องการ มีประโยชน์ ใช้งานสะดวก และสร้างประสบการณ์ที่ดีอย่างสม่ำเสมอ ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Bhattacherjee (2001) ที่เสนอว่าความพึงพอใจเป็นตัวแปรสำคัญที่นำไปสู่ความตั้งใจใช้ระบบสารสนเทศอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับ Suardana และ Mahyuni (2024) ที่พบว่า ความสะดวก ความปลอดภัย และความพึงพอใจมีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่อง

5.3 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1) ธนาคารและผู้พัฒนาแอปพลิเคชันควรพัฒนาคุณภาพบริการอิเล็กทรอนิกส์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะความเสถียรของระบบ ความรวดเร็วในการทำธุรกรรม ความถูกต้องของข้อมูล และการแสดงสถานะรายการให้ชัดเจน

2) ควรปรับปรุงช่องทางการช่วยเหลือผู้ใช้บริการเมื่อเกิดปัญหา เช่น ระบบสนทนาอัตโนมัติที่ตอบคำถามได้ตรงประเด็น เจ้าหน้าที่ให้บริการตลอดเวลา ช่องทางติดตามสถานะข้อร้องเรียน และคู่มือแก้ไขปัญหาเบื้องต้นที่เข้าใจง่าย

3) ควรเพิ่มประสิทธิภาพการแจ้งเตือนภัยทางการเงินดิจิทัล โดยใช้ข้อความที่กระชับ ชัดเจน และเหมาะกับผู้ใช้แต่ละกลุ่ม โดยเฉพาะผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีทักษะดิจิทัลจำกัด

4) ควรออกแบบหน้าจอ เมนู และขั้นตอนการใช้งานให้เรียบง่าย ลดความซับซ้อนที่ไม่จำเป็น แต่ยังคงมาตรการยืนยันตัวตนและความปลอดภัยของธุรกรรมอย่างเหมาะสม

5) การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรเพิ่มเติม เช่น ความไว้วางใจ ความภักดี การบอกต่อ ความเสี่ยงที่รับรู้ และประสบการณ์ของผู้ใช้บริการกลุ่มเฉพาะ เพื่อให้สามารถอธิบายความตั้งใจใช้บริการโมบายแบงก์กิ้งอย่างต่อเนื่องได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

Bhattacherjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: An expectation-confirmation model. *MIS Quarterly, 25*(3), 351–370. https://doi.org/10.2307/3250921

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). New York, NY: John Wiley & Sons. Retrieved from https://www.wiley.com/en-us/Sampling%2BTechniques%2C%2B3rd%2BEdition-p-9780471162407

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly, 13*(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems, 19*(4), 9–30. https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748

Flavián, C., & Guinalíu, M. (2006). Consumer trust, perceived security and privacy policy: Three basic elements of loyalty to a web site. *Industrial Management & Data Systems, 106*(5), 601–620. https://doi.org/10.1108/02635570610666403

Naruetharadhol, P., Ketkaew, C., Hongkanchanapong, N., Thaniswannasri, P., Uengkusolmongkol, T., Prasomthong, S., & Gebsombut, N. (2021). Factors affecting

sustainable intention to use mobile banking services. *SAGE Open, 11*(3), 1–13. https://doi.org/10.1177/21582440211029925

Nguyen, G.-D., & Dao, T.-H. T. (2024). Factors influencing continuance intention to use mobile banking: An extended expectation-confirmation model with moderating role of trust. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*, Article 276. https://doi.org/10.1057/s41599-024-02778-z

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York, NY: McGraw-Hill. https://books.google.com/books?id=WE59AAAAMAAJ

Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research, 17*(4), 460–469. https://doi.org/10.1177/002224378001700405

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Malhotra, A. (2005). E-S-QUAL: A multiple-item scale for assessing electronic service quality. *Journal of Service Research, 7*(3), 213–233. https://doi.org/10.1177/1094670504271156

Poromatikul, C., De Maeyer, P., Leelapanyalert, K., & Zaby, S. (2020). Drivers of continuance intention with mobile banking apps. *International Journal of Bank Marketing, 38*(1), 242–262. https://doi.org/10.1108/IJBM-08-2018-0224

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal for Educational Research, 2*(1), 49–60. https://eric.ed.gov/?id=ED121845

Suardana, I. W. A., & Mahyuni, L. P. (2024). How ease of use, convenience, risk, trust, and security affect mobile banking use via satisfaction. *International Journal of Social Science and Business, 8*(3), 423–435. https://doi.org/10.23887/ijssb.v8i3.83987

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences, 39*(2), 273–315. https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science, 46*(2), 186–204. https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2566). *แนวนโยบายการบริหารจัดการภัยทุจริตจากการทำธุรกรรมทางการเงิน*. https://www.bot.or.th/content/dam/bot/fipcs/documents/FOG/2566/ThaiPDF/25660066.pdf

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2568). *ทิศทางการพัฒนาระบบการชำระเงินภายใต้ภูมิทัศน์ภาคการเงินไทย (Payment directional paper)*. https://www.bot.or.th/content/dam/bot/documents/th/our-roles/payment-systems/payment-systems-policy/payment-directional-paper-2568-th.pdf

พิณรัตน์ นุชโพธิ์ และคุณธรรม สิทธิศักดิ์. (2563). การใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่าน A-Mobile ของลูกค้าธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดพิษณุโลก. *วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 1*(1), 91–105. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jmspsru/article/view/235113

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

การประยุกต์ใช้กระบวนการทางสถาปัตยกรรมในการพัฒนาผังบริเวณสถาบันการศึกษา กรณีศึกษา โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย

นางสาวกฤติยา วัฒนกีบุตร[1*] นายจิรพล ชูโชติ[2*]

[1] หน่วยวิจัยและพัฒนาล้านนาสร้างสรรค์และนวัตกรรม
คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
95 ถนนซุปเปอร์ไฮเวย์ ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* Krittiya.wa@rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 087-3051451

บทคัดย่อ

บทความการวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้กระบวนการทางสถาปัตยกรรมในการพัฒนาผังบริเวณสถาบันการศึกษากรณีศึกษา โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย เป็นการนำกระบวนการทางสถาปัตยกรรมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและยกระดับการจัดทำแผนผังบริเวณสถาบันการศึกษาที่มีเอกลักษณ์ด้านสถาปัตยกรรมที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ด้วยมีการผสมผสานทั้งสถาปัตยกรรมที่ได้รับอิทธิพลทางตะวันตก อีกทั้งยังเป็นอาคารอนุรักษ์ที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรมและประวัติศาสตร์ รวมถึงการศึกษาและพัฒนานี้เป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหาที่ ผู้เข้าชมแผนผังบริเวณรูปแบบทั่วไปไม่สามารถแยกแยะความแตกต่าง หรือจุดเด่นของสถานที่ในแผนผังได้ โดยวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบอาคารที่มีเอกลักษณ์และมีคุณค่าทางสถาปัตยกรรมในพื้นที่ โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย 2) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเด่น และรวบรวมฐานข้อมูลด้านสถาปัตยกรรมภายในพื้นที่ โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย 3) เพื่อประยุกต์ใช้กระบวนการทางสถาปัตยกรรมมาใช้ในการพัฒนาผังบริเวณอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าการใช้กระบวนการการออกแบบ 3 มิติ สามารถแก้ปัญหา การเข้าถึงพื้นที่จริงได้อย่างยั่งยืน จากการสำรวจและทดลองใช้งานจริงโดยกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง และยังสามารถนำไปใช้ประกอบการพัฒนาการวางผัง การจัดการพื้นที่สีเขียว และการวางแผนการเข้าสู่เมืองอัจฉริยะได้ในอนาคต ซึ่งกระบวนการทางสถาปัตยกรรมที่สำคัญได้แก่ การศึกษาทางสถาปัตยกรรม, การรังวัดขนาดอาคารและพื้นที่, การจัดทำแบบแปลน, การรวบรวมแบบแปลนอาคารต่างๆ ในพื้นที่ และการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ที่ให้ความสมจริงทั้งในด้านระยะ รายละเอียดและมิติ เพื่อนำเสนอภาพที่ช่วยสร้างความเข้าใจ และสร้างฐานข้อมูลที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: สถาปัตยกรรม, การวางแผนพัฒนา, พื้นที่สีเขียว, แผนผัง

Applying Architectural Processes to Campus Master Plan Development: The Case Study of The Prince Royal's College

Ms. Krittiya Wattanakeebut[1*] Mr. .Jiraphon Chuchot[2*]

[1] The Center of Excellent Lanna Creativity and Innovation
Faculty of Arts and Architecture, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai

*Krittiya.wa@rmutl.ac.th, Tel. 087-3051451

Abstract

This research article presents the application of architectural processes to develop and upgrade the campus master plan of an educational institution possessing a unique architectural identity. The campus features a distinct blend of Western-influenced architecture and conserved buildings of profound architectural and historical value. This study and development were initiated to address the limitation of conventional campus master plans, which often fail to help visitors differentiate the distinct characteristics or prominent landmarks of the site. The research consists of three main objectives: 1) to study and analyze the building styles that exhibit unique and significant architectural values within the campus of The Prince Royal's College; 2) to analyze the prominent features and compile an architectural database of the campus; and 3) to efficiently apply architectural processes toward the development of the campus master plan.

The findings indicate that the implementation of 3D design processes sustainably resolves challenges regarding actual on-site spatial accessibility, as verified through surveys and real-world trials conducted by relevant stakeholder groups. Furthermore, the developed model can be utilized to support future master planning, green space management, and smart city integration. The core architectural processes employed in this study encompass architectural studies, building and site surveys (measured drawings), blueprint generation, the compilation of existing building plans, and 3D modeling. This comprehensive approach delivers realistic representations in terms of scale, detail, and spatial dimension, thereby enhancing spatial understanding and establishing a highly efficient database adaptable for diverse future applications.

Keywords: Architectural, Development planning, Green spaces, Master plan

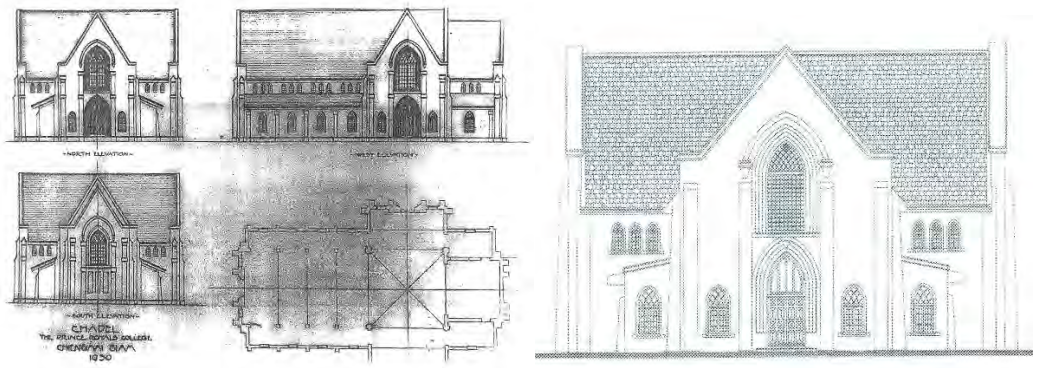
1. บทนำ

แผนผังบริเวณ (Campus Map) ของสถาบันการศึกษา ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นเพียงเครื่องมือในการแสดงขอบเขตที่ดินหรือตำแหน่งของอาคารเท่านั้น หากแต่เป็น "เครื่องมือสื่อสารเชิงพื้นที่" (Spatial Communication Tool) ที่สำคัญยิ่งในการเชื่อมโยงสถาบันการศึกษาเข้ากับผู้ใช้งานหลากหลายกลุ่ม ไม่ว่าจะเป็นบุคลากร นักเรียน ผู้ปกครอง ตลอดจนบุคคลภายนอกและผู้เข้าเยี่ยมชม แผนผังที่มีประสิทธิภาพจะช่วยสร้างความเข้าใจในระบบสัญจร การเข้าถึงพื้นที่ และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางกายภาพได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย อย่างไรก็ตาม สำหรับสถาบันการศึกษาที่มีประวัติศาสตร์อันยาวนาน แผนผังบริเวณยังมีบทบาทสำคัญในการสะท้อน "อัตลักษณ์" (Identity) และมรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องได้ ผ่านการจัดวางผังและสถาปัตยกรรมของกลุ่มอาคาร ซึ่งถือเป็นภาพลักษณ์และจิตวิญญาณของสถานศึกษาที่ต้องการส่งสารไปยังสังคม ปัญหาที่มักพบในปัจจุบันคือ แผนผังบริเวณรูปแบบทั่วไป (Conventional Plan) มักถูกจัดทำขึ้นในลักษณะสองมิติที่มีเส้นสายและสัญลักษณ์ทางเทคนิค ซึ่งกลุ่มผู้ที่ใช้งานทั่วไปไม่สามารถเข้าใจถึงสัญลักษณ์ต่างๆ ภายในแผนผังได้ และยังไม่สามารถมองเห็นภาพที่สอดคล้องกับสภาพจริงได้ ส่งผลกลุ่มคนเหล่านี้ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่าง ความตื้นลึก หรือจุดเด่นของสถานที่ในแผนผังได้ ข้อจำกัดนี้ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดอุปสรรคในการสื่อสารและการเข้าถึงพื้นที่จริง (Spatial Accessibility) เท่านั้น แต่ยังทำให้คุณค่าของอาคารประวัติศาสตร์หรืออาคารที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวถูกลดทอนลงในมิติของการรับรู้ เนื่องจากแผนผังสองมิติแบบเดิมไม่สามารถถ่ายทอดความงดงามทางสถาปัตยกรรม รายละเอียดของอาคารอนุรักษ์หรือคุณค่าทางสถาปัตยกรรมได้ ด้วยเหตุนี้ การนำ "กระบวนการทางสถาปัตยกรรม" (Architectural Processes) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและยกระดับผังบริเวณจึงเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ไขปัญหาด้านการสื่อสารให้กับกลุ่มผู้เข้าเยี่ยมชมสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ในสังกัดมูลนิธิสภาคริสตจักรในประเทศไทย เป็นโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่ ซึ่งในปัจจุบันมีจำนวนนักเรียนมากที่สุดในประเทศไทย (10 อันดับโรงเรียนเอกชน ที่มีนักเรียนมากที่สุดในไทย, 2567) นอกจากจะเป็นโรงเรียนที่มีขนาดใหญ่แล้วยังเป็นโรงเรียนที่มีประวัติศาสตร์การก่อตั้งอันยาวนานและน่าสนใจ โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัยเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการเผยแพร่ศาสนาคริสต์นิกายโปรเตสแตนท์ เมื่อปี พ.ศ.2407 ศาสนาจารย์ดาเนียล แมคกิลวารี เป็นมิชชันนารีคนแรกที่เดินทางมาถึงจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งได้รับอนุญาตให้ทำการประกาศคริสตศาสนาได้ ต่อมา ในปี พ.ศ.2411 ศาสนาจารย์แมคกิลวารี ได้ประกาศตั้งคริสตจักรในเชียงใหม่เป็นคริสตจักรแรกในภาคเหนือต่อมาศาสนาจารย์เดวิด กรอมเลย์ คอลลินส์ ได้รับการแต่งตั้งจากสภาคริสตจักรให้เดินทางมายังภาคเหนือของเมืองสยาม เมื่อปี พ.ศ. 2429 และในปี ค.ศ. 2430 และได้ก่อตั้ง โรงเรียนชายวังสิงห์คำ (Chiengmai Boy's School) ซึ่งต่อมาศาสนาจารย์ ดร.วิลเลียม แฮรีส ได้รับช่วงต่อ และทำการย้ายโรงเรียนมาในพื้นที่ปัจจุบัน จึงได้ก่อสร้างบ้านแฮรีสขึ้นในปี พ.ศ. 2448 เป็นอาคารหลังแรกในโรงเรียนสร้างด้วยไม้สักทั้งหลังในรูปแบบสถาปัตยกรรมแบบที่ได้รับอิทธิพลจากตะวันตก รูปแบบอเมริกัน 2 ชั้น ซึ่งมีเอกลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมที่โดดเด่น ต่อมาโรงเรียน

ได้รับพระราชทานนามโรงเรียนจากสมเด็จพระบรมโอรสาธิราช เจ้าฟ้ามหาวชิราวุธ สยามมกุฎราชกุมาร เมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2449 โดยใช้บ้านแฮรีสเป็นสถานที่รับเสด็จฯ จนกระทั่งเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2532 เกิดเพลิงไหม้บ้านแฮรีส และเครื่องดนตรีทั้งหมด ต่อมาจึงได้ทำการก่อสร้างบ้านแฮรีสใหม่ในบริเวณที่ตั้งเดิม และได้รับการประกาศให้เป็นอาคารอนุรักษ์ดีเด่นจากสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ในปี พ.ศ. 2539 (เสรินทร์ จิรคุปต์, 2549) จนกระทั่งปี พ.ศ. 2560 โครงการปรับปรุงพิพิธภัณฑ์บ้านแฮรีส ภายใต้แนวคิดที่ว่า “PRC Museum : Our History Our Pride”

จากประวัติและคุณค่าทางประวัติศาสตร์ของโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย สะท้อนให้เห็นถึงมรดกทางวัฒนธรรมที่หลงเหลือสืบทอดในพื้นที่ปัจจุบันของโรงเรียน ดังนั้นการจัดทำแผนผังจึงต้องใช้เทคนิคและกระบวนการที่เหมาะสมในการพัฒนาและถ่ายทอดให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งกับผู้เข้าชมและเจ้าของสถานที่ที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการพัฒนาแผนผังไปต่อยอดในการพัฒนาฐานข้อมูลด้านอื่นๆ ต่อไป



ภาพที่ 1: การศึกษาข้อมูลแบบแปลนในอดีตของอาคาร โบสถ์ และโรงละคร โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ตัวอย่างอาคารอนุรักษ์ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์

ที่มา: โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย (พิพิธภัณฑ์บ้านแฮรีส, 2568: online)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2 แนวคิดได้แก่

2.1 แนวคิดการจัดการวัฒนธรรม

ปรีดา พูลสัน (2554) กล่าวว่า การจัดการความรู้ทางศิลปวัฒนธรรม เป็นกระบวนการที่มุ่งสำรวจค้นหา รวบรวมและจัดเก็บองค์ความรู้ที่มีอยู่ในชุมชนอย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถนำไปใช้หรือถ่ายทอดตลอดจนให้เกิดการสืบทอด ประยุกต์ใช้ และต่อยอดองค์ความรู้ที่มีอยู่ทางด้านศิลปวัฒนธรรมดั้งเดิม ถูกจัดเก็บอย่างเป็นระบบเป็นวิธีการหนึ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อท้องถิ่น ชุมชน

สามารถ เที่ยงพูนวงศ์ (2547) กล่าวว่าเป็นกระบวนการที่ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อรวบรวมและจัดเก็บความรู้ภายในชุมชนอย่างเป็นระบบ เพื่อที่จะนำมาใช้หรือนำถ่ายทอดต่อกันทำให้เกิดการสืบทอดประเพณีและวัฒนธรรมในชุมชน ซึ่งการจัดดังกล่าวมักมีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบอีกครั้งสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุดทั้งต่อผู้เกี่ยวข้องและชุมชน

ชัชวาลย์ วงษ์ประเสริฐ (2548) กล่าวว่า การจัดการความรู้ (Knowledge Management) นับว่าเป็นเครื่องมือที่มีความสาคัญที่ใช้ในการพัฒนาศักยภาพขององค์กร จัดกระบวนการให้บุคลากรเกิดการเรียนรู้ สร้างศักยภาพการแข่งขันให้กับองค์กร และรักษาความแข็งแกร่งทางเศรษฐกิจและสังคม ให้เติบโตได้อย่างมีคุณภาพและยั่งยืน

ทับทิม เป็งมล, สิริลักษณ์ กัลยา และณัฐวุฒิ วิทา (2561) การประยุกต์ใช้ความรู้ของการจัดการองค์ความรู้ทางวัฒนธรรมที่กล่าวมา โดยอยู่บนพื้นฐานการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน จะให้ประโยชน์ในการรักษาและคงไว้ซึ่งความสมบูรณ์ของทรัพยากรการท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม และป้องกันผลกระทบด้านลบต่อวัฒนธรรมในสถานการณ์อันมีปัจจัยเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นทุกขณะตามการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เพื่อให้คนรุ่นหลังได้เรียนรู้และสืบทอดวัฒนธรรมที่ดีงาม เป็นกาลังในการอนุรักษ์และ สืบสานวัฒนธรรมไทยเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนตลอดไป

จากนิยามและความหมายของนักวิชาการที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการจัดการองค์ความรู้ทางวัฒนธรรมเป็นกระบวนการที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อทำการบำรุงวัฒนธรรมอย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบไปด้วย ความรู้ที่ชัดแจ้ง (Explicit Knowledge) และความรู้ที่ฝังลึก (Tacit Knowledge) มาใช้ให้เกิดคุณค่าทางวิชาการ และประสิทธิภาพโดยผ่านกระบวนการต่าง ๆ อาทิ การวางแผน การจัดระบบ การสร้าง การรวบรวม การจัดเก็บ การถ่ายทอด การแลกเปลี่ยน การเรียนรู้ และการประยุกต์ใช้ความรู้ เป็นต้น

2.2 แนวคิดการออกแบบสื่อประสม หรือมัลติมีเดีย (Multimedia)

สื่อประสม หมายถึง การนำองค์ประกอบของสื่อชนิดต่าง ๆ มารวมเข้าด้วยกัน หรือเรียกว่า ”สื่อประสม”(Multiple media) (Kanchanasuwan, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับ Noonpakdee (2012) กล่าวว่า มัลติมีเดีย คือ การใช้สื่อมากกว่าหนึ่งสื่อร่วมกันนำเสนอข้อมูลข่าวสาร โดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้รับสื่อสามารถรับรู้ข่าวสารได้มากกว่าหนึ่งช่องทางผ่านการควบคุมการใช้และโต้ตอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า มัลติมีเดีย หรือมัลติมีเดียแบบสื่อประสม คือ การนำสื่อหลายประเภทมาผสมผสานเข้าด้วยกันทั้งข้อความ เสียง ภาพ ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ รวมทั้งมีการนำเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมาใช้ร่วมกันเพื่อให้สื่อน่าสนใจ การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนามัลติมีเดียสำหรับประชาสัมพันธ์ด้านการท่องเที่ยว มีดังนี้

(1) Maprasom et al. (2021) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง “ผลการใช้สื่อดิจิทัลเทคโนโลยีความจริงเสริมสร้างแผนที่เส้นทางการท่องเที่ยวแหล่งอารยธรรมขอมในสี่

จังหวัดอีสานใต้: นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ” พบว่าความพึงพอใจต่อสื่อดิจิทัลภาพรวมของนักท่องเที่ยว 400 คน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.59 และสื่อดิจิทัลเพื่อการ

ประชาสัมพันธ์ที่ดีสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวให้ตัดสินใจมาท่องเที่ยวได้ควรมีการนำเสนอ ทั้งข้อความ ภาพถ่าย ภาพเคลื่อนไหวมุมสูง 360 องศา กราฟิก วิดีทัศน์ และเสียง

(2) Kaewprachan & Klaikaew (2020) วิจัยเรื่อง “การวิจัยและสร้างสรรค์ สื่อวีดิทัศน์แนวตั้งเพื่อการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวนวัตวิถีอำเภอหนองแซง จังหวัดสระบุรี” ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อศึกษาด้านเนื้อหาและวิเคราะห์การนำเสนอจากคลิปวิดีโอแนวตั้ง จำนวน 5 คลิป พบว่าการผลิตสื่อวีดิทัศน์แนวตั้งเพื่อ การประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวจำนวน 1 ตอน เนื้อหาต้องมีการนำเสนอที่หลากหลายน่าสนใจครอบคลุมในกิจกรรมและสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ

(3) Boonnat et al. (2018) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การวิจัยและออกแบบการสร้างสื่อมัลติมีเดียในการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง” ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจต่อสื่อมัลติมีเดียจากนักท่องเที่ยว จำนวน 200 คน อยู่ในระดับมาก (4.37/0.53) และการสร้างสื่อมัลติมีเดียที่ผสมผสานระหว่างสื่อวิดีโอและสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ ช่วยให้ผู้รับชมสามารถเห็นภาพและบรรยากาศตามความเป็นจริงสามารถสร้างแรงจูงใจให้กับนักท่องเที่ยวที่สนใจการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ สามารถใช้เป็นสื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี

(4) Rongkhankaew (2022) วิจัยเรื่อง “การพัฒนาวีดิทัศน์บนอินเทอร์เน็ตเพื่อการประชาสัมพันธ์แหล่งนันทนาการในจังหวัดนครนายก” ผลการวิจัยพบว่า มีการผลิตสื่อวีดิทัศน์เพื่อนำเสนอแหล่งทรัพยากรนันทนาการ จำนวน 6 แหล่ง และผลความ พึงพอใจของนักท่องเที่ยวในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (4.44/0.91) เนื่องจากเป็นสื่อที่สามารถเข้าถึงและมีเนื้อหาเข้าใจง่าย เนื้อหากระชับเหมาะสม จึงช่วยสร้างความรู้สึกใกล้ชิดระหว่างผู้ชมกับผู้นำเสนอได้ดี

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการลงพื้นที่สำรวจ และศึกษารายละเอียดในพื้นที่จริงพบว่าการนำ "กระบวนการทางสถาปัตยกรรม" (Architectural Processes) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและยกระดับผังบริเวณจึงเป็นแนวทางสำคัญในการทลายข้อจำกัดดังกล่าว กระบวนการอันประกอบด้วย

1) การศึกษาประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย มีประวัติศาสตร์การก่อตั้งมาอย่างยาวนาน และด้วยการวางรากฐานด้านการศึกษาจากคณะมิชชันนารีอเมริกันเพรสไบทีเรียน อาคารเรียนในยุคเริ่มแรกจึงได้รับอิทธิพลรูปแบบการก่อสร้างจากตะวันตก และการจากสำรวจจึงพบอาคารและสถาปัตยกรรมที่ยังคงรูปแบบสถาปัตยกรรมดั้งเดิมที่สมบูรณ์ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงอาคาร แต่ในบางส่วนได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานให้สอดคล้องกับการดำเนินกิจกรรมในปัจจุบัน โดยมีทั้งหมดจำนวน 9 อาคาร ได้แก่ พิพิธภัณฑ์บ้านแฮรีส, โบสถ์, โรงละคร, อาคารบัทเลอร์, อาคารแฮรีส, อาคารเนลสันเฮย์ส, อาคารเพาเวอร์ส ฮอลล์, อาคารเคนเนดี ฮอลล์ และบ้านพักมิชชันนารี



ภาพที่ 2 อาคารอนุรักษ์โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยัลัย

ที่มา: โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย (แผนผังบริเวณโรงเรียน, 2568: online)

2) การรังวัดพื้นที่จริง (Measured Drawings)

การลงพื้นที่สำรวจและรังวัดพื้นที่จริง รวมถึงการเก็บรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมต่างๆ เป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน และต้องใช้ความร่วมมือจากหลายส่วนงานของโรงเรียนทั้งในฝ่ายอาคารสถานที่ในการรวบรวมแบบเดิมอาคารเก่าๆ ที่ได้ก่อสร้างในหลายยุคหลายสมัย อาคารใดไม่มีแบบแปลนและการถอดแบบก็ต้องถอดแบบใหม่ นอกจากนี้ยังมีอาคารใหม่ที่ต้องนำมารวบรวมเพิ่มเติม รวมถึงสภาพพื้นที่ต่างๆ ในโรงเรียนโดยเฉพาะจุดที่สังเกตเห็นได้ชัด เช่น สนามจามจุรี, สระว่ายน้ำ, สนามกีฬา ฯลฯ

3) การรวบรวมคลังข้อมูลแบบแปลน และสอบถามข้อมูลสภาพพื้นที่จริงอย่างมีส่วนร่วม

เมื่อได้แบบแปลนและสภาพพื้นที่ภายในโรงเรียนที่ครอบคลุมรายละเอียดในส่วนต่างๆ แล้ว จึงได้นำเอาไฟล์ .dwg (AutoCAD) แบบแปลนแต่ละอาคารมารวบรวมลงใน แผนผังบริเวณสถานศึกษา (Campus Map) เพื่อสร้างรายละเอียดทางสถาปัตยกรรม และการวางระยะพื้นที่ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

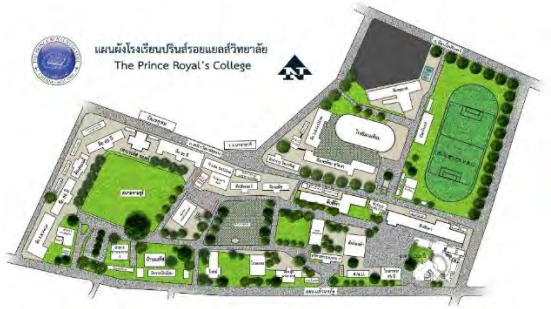
4) การเปลี่ยนผ่านข้อมูลสู่แบบจำลองสามมิติ (3D Modeling) จะช่วยเปลี่ยนข้อมูลเชิงกายภาพที่ราบเรียบให้กลายเป็นการสื่อสารที่มีมิติ มีระยะ และมีความสมจริง ในส่วนขั้นตอนนี้จะเป็นการนำแบบแปลนที่

รวบรวมได้ในรูปแบบไฟล์ .dwg (Auto CAD) นำมาแปลงเป็นไฟล์ .skp (Sketch Up) เพื่อใส่ระยะความสูง ลงสีพื้นผิว และเพิ่มความสมจริงให้กับแผนผัง ด้วยการนำเสนอในรูปแบบ 3 มิติ



ภาพที่ 3 การจัดทำแบบจำลอง 3 มิติ ก่อนการ Render

5) กระบวนการเสนอแนวทางการนำฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ แบบแผลนแผนผัง และไฟล์ 3 มิติ นำไปใช้ในการประยุกต์ร่วมกับสื่ออื่นๆ เมื่อจัดทำแบบจำลอง 3 มิติ และพร้อมนำไปเผยแพร่ ทางคณะผู้จัดทำได้จัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) กับส่วนงานต่างๆ ของโรงเรียน ได้แก่ ฝ่ายประชาสัมพันธ์, ฝ่ายอาคารสถานที่ และฝ่ายกิจการนักเรียน จำนวน 30 คน ส่วนบุคลากรภาบนอกผู้ใช้บริการเว็บไซต์ 20 คน รวม กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 50 คน เพื่อเสนอแนวทางในการนำผลงานดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยในส่วนหลักจะมีการนำไปเผยแพร่ในเว็บไซต์ของโรงเรียนในส่วนของ แผนผังบริเวณ เพื่อสร้างความเข้าใจให้กับผู้ใช้งานและผู้เยี่ยมชม https://www.prc.ac.th/about-us/layout-plan/



ภาพที่ 4 แผนผัง 2 มิติ (แบบเดิม)



ภาพที่ 5 การใช้ภาพ 3 มิติ

ภายหลังจากการดำเนินกระบวนการทางสถาปัตยกรรมอย่างมีส่วนร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในฝ่ายงานต่างๆ แล้วพบว่าโรงเรียนมีการใช้แผนผังดังกล่าวไปใช้ประชาสัมพันธ์ในการจัดกิจกรรมอื่นๆ ของโรงเรียน ไม่ว่าจะเป็น งานวิ่งแฮรีส มินิมาราธอน, งานราตรีเพลินเพลง Music Night และงาน First Tech Challenge เป็นต้น ซึ่งแผนผังดังกล่าวสามารถสร้างความเข้าใจในส่วนของตำแหน่งพื้นที่จัดงาน ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น จากแบบสำรวจความพึงพอใจที่ได้จัดทำหลังจากการเปิดใช้บริการเว็บไซต์ใหม่ของทางโรงเรียน (https://www.prc.ac.th/home/) ซึ่งแผนผังรูปแบบ 3 มิติ เป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ภาพลักษณ์เว็บไซต์ทันสมัยและน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น

4. ผลการวิจัย

1) สามารถสร้างความเข้าใจถึงตำแหน่งภายในผังบริเวณได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น มากกว่าผังบริเวณแบบ 2 มิติ ซึ่งผังบริเวณในลักษณะนี้สามารถเห็นรายละเอียดของอาคาร และบริเวณโดยรอบได้จัดเจนกว่า

2) สามารถต่อยอดจากกระบวนการจัดทำผังบริเวณและฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรม นำไปต่อยอดสู่การพัฒนาสื่อต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็น ด้านการปรับปรุง ต่อเติมในอนาคต, การจัดสรรพื้นที่ หรือการต่อยอดไปสู่สร้างแบบจำลองเสมือนจริง

3) สามารถเผยแพร่ผลงานที่เกิดจากการต่อยอดจากฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรมในสื่อต่างๆ จากบริบทของโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ซึ่งมีการจัดกิจกรรมและงานค่อนข้างมาก จึงสามารถเผยแพร่ผังบริเวณนี้ใช้ในการเผยแพร่ในงานต่างๆ ได้ เผื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

4) กระบวนการจัดทำผังบริเวณ สามารถรวบรวมรายละเอียดข้อมูลทางสถาปัตยกรรมไว้ จึงเป็นเสมือนเป็นฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรมอีกรูปแบบหนึ่ง

5. บทสรุป

จากการดำเนินงาน “การประยุกต์ใช้กระบวนการทางสถาปัตยกรรมในการพัฒนาผังบริเวณสถาบันการศึกษากรณีศึกษา โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย” จุดมุ่งหมายของการดำเนินงานมุ่งให้เกิดการประยุกต์กระบวนการทางสถาปัตยกรรม นำมาประยุกต์ใช้ด้านการจัดทำแผนผังบริเวณ ซึ่งการสร้างแผนผังบริเวณไม่ได้เป็นเพียงแค่ แผนผังในการสื่อความหมายตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร แต่สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรม ที่สามารถนำไปต่อยอดในด้าน การจัดโซน (Zoning) การบริหารจัดการพื้นที่ภายในโรงเรียน การแก้ไขปัญหาจราจรภายในโรงเรียน หรือแม้กระทั่งการนำไปใช้วางแผนในการเข้าสู่ Smart City ในอนาคตได้ ซึ่งแนวทางในการยกระดับผังบริเวณสถาบันการศึกษา ประกอบด้านแนวทางในการพัฒนา 4 ด้านด้วยกัน ได้แก่

3.1 แนวทางในการจัดทำฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรมภายในสถาบันการศึกษาขนาดใหญ่ โดยสถาบันการศึกษาที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ มีอาคารเรียน และอาคารประกอบจำนวนมาก มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรวบรวมแบบแปลนอาคารต่างๆ และนำมารวบรวมสร้าง Master Plan ของทั้งสถาบันไว้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้ในด้านการปรับปรุง ต่อเติมในอนาคต หรือสามารถต่อยอดจาก Plan ไปใช้ในด้านการจัดสรรพื้นที่ และต่อยอดไปสร้างแบบจำลองเสมือนจริงในอนาคตต่อไป

3.2 แนวทางในการต่อยอดจากฐานข้อมูล ในกรณีที่สถาบันมีฐานข้อมูลสถาปัตยกรรมแล้ว ฝ่ายงานต่างๆ ภายในสถาบันจะต้องเข้าใจความสำคัญของข้อมูลเหล่านี้ และต้องสามารถเห็นถึงแนวทางการต่อยอดไปสู่นวัตกรรมอื่นๆ ที่สามารถนำไปพัฒนางาน หรือ กระบวนการในการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ

3.3 แนวทางการเผยแพร่ผลงานที่เกิดจากการต่อยอดจากฐานข้อมูลทางสถาปัตยกรรม หลังจากที่นำข้อมูลทางสถาปัตยกรรมมาพัฒนาต่อยอดแล้ว สามารถนำผลงานมาเผยแพร่เพื่อสร้างความเข้าใจ เช่น การจัดทำแผนผัง 3 มิติ เพื่อสร้างความเข้าใจที่มากขึ้นให้แก่ผู้เข้าชม และนอกจากการเผยแพร่แผนผังแล้ว ทางสถาบันต้องเล็งเห็นถึงการนำไปพัฒนาผลงานด้านอื่นๆ และเผยแพร่ในสื่อต่างๆ ของทางสถาบัน เพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีของทางองค์กร

3.4 แนวทางการนำเสนอลักษณะเด่นทางสถาปัตยกรรม การจัดทำผังบริเวณในลักษณะ 3 มิติ นี้สามารถนำเสนอรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมได้ชัดเจน ทำให้ผู้เข้าชมสามารถเข้าใช้ตำแหน่ง แล้วยังเห็น

อัตลักษณ์เด่นของตัวอาคารได้ชัดเจน ซึ่งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจในการเข้าศึกษาอาคาร หรือเยี่ยมชมในบริบททางวิชาการ

4. เอกสารอ้างอิง

ชัชวาลย์ วงษ์ประเสริฐ. (2548). การจัดการความรู้ในองค์กรธุรกิจ. กรุงเทพมหานคร: เอ็กซเปอร์เน็ต.

ทับทิม เป็งมล, สิริลักษณ์ กัลยา, และ ณัฐวุฒิ วิทา. (2561). การจัดการองค์ความรู้ทางวัฒนธรรมเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน. การบริหารการปกครองและนวัตกรรมท้องถิ่น, 2(3), 95.

ประชาชาติธุรกิจ. (2567). เปิด 10 อันดับโรงเรียนเอกชนที่มีนักเรียนมากที่สุดในไทย. สืบค้น 2 มิถุนายน 2569, จาก https://www.facebook.com/wisdomVacademy/posts/

ปรีดา พูลสิน. (2554). การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการความรู้ทางศิลปวัฒนธรรม: กรณีศึกษาชุมชนวัดโสมนัส (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารงานวัฒนธรรม วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย. (2568). แผนผังบริเวณ. สืบค้น 30 พฤษภาคม 2569, จาก https://www.prc.ac.th/about-us/layout-plan/

โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย. (2568). พิพิธภัณฑ์บ้านแฮรีส. สืบค้น 30 พฤษภาคม 2569, จาก https://www.prc.ac.th/museum/

สามารถ เทียมวงศ์. (2557). การจัดการความรู้ทางศิลปวัฒนธรรมที่มีอยู่ในชุมชน กรณีศึกษา: วัดใหญ่อินทาราม จังหวัดชลบุรี (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารทั่วไป วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา).

เสรินทร์ จิรคุปต์. (2549). ตามรอย 120 ปี ปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย 100 ปี นามพระราชทาน 120 ปีการก่อตั้งโรงเรียน. เชียงใหม่: เชียงใหม่พริ้นต์ติ้ง.

Boonnat, H., Patarat, S., & Napor, S. (2018). Research and design of multimedia media creation in public relations for ecotourism in Bo Hin Subdistrict, Sikao District, Trang Province. Journal of Local Administration and Innovation, 2(1), 27–40. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JLGISRRU/article/download/196946/136877/595333

Kaewprachan, A., & Klaikaew, L. (2020). Research and creation of vertical video for promotion of Inno-life tourism, Nong Saeng District, Saraburi Province. Meeting to Present Graduate Research Results, Graduate School of Rangsit University.

Maprasom, W., Potisarn, N., Jairassamee, J., Potisarn, W., Chaithongsri, A., Yasaka, P., Meesawatdikul, W., Suksam, J., & Wathanti, S. (2021). Effect of using digital media with augmented reality technology for creating tourism route map of Khmer civilization in four South Isan Provinces: Nakhon Ratchasima, Buriram, Surin and Sisaket. Journal of Yala Rajabhat University, 16(2), 161–170. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/lyru_human/article/download/241080/172002/907798

Rongkhankaew, W. (2022). The development of video on the internet to promote. Journal of Liberal Arts, Maejo University, 10(2), 40–56. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/liberalartsjournal/article/view/252599/176059

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหน่วยวิจัยล้านนาสร้างสรรค์และนวัตกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่อำนวยความสะดวกในติดต่อประสานงานด้านการส่งบทความวิชาการ ขอบพระคุณ คณะผู้บริหาร และฝ่ายงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึง ดร. กีรติกันย์ เฟื่องกาญจน์ รองผู้อำนวยการฝ่ายภาษาต่างประเทศและกิจการนักเรียน โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ในการให้ความอนุเคราะห์ในการร่วมดำเนินงานด้วยการนำกระบวนการทางสถาปัตยกรรมมาใช้ประกอบการสร้างสรรค์ผลงานประยุกต์ร่วมกับงานกราฟิก เพื่อส่งเสริมให้ภาพลักษณ์ขององค์กรในด้านการสื่อความหมายผ่านเว็บไซต์ของโรงเรียนไปในทิศทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการสร้างสรรค์งานแผนผังบริเวณนี้เป็นการนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพในทางวิชาการที่ดีขึ้นต่อไป

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อยกระดับพื้นที่ศาสนสถานในสถาบันการศึกษา: กรณีศึกษาลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล

วีระศักดิ์ สวนจันทร์[1*] กอปรพร นุกูลคาม[2] ศิขรินทร์ มัลลิกาวงศ์[3] และ ฉัตรกมล ตาแดง[4]

[1] วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

*E-mail: aj_nui@rmutl.ac.th, 081 533 3043

บทคัดย่อ

บทความวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการพัฒนาและออกแบบสภาพแวดล้อมสำหรับลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ให้เป็นพื้นที่ที่มีความสวยงามเชิงพุทธศิลป์และเอื้อต่อการใช้งานในสถาบันการศึกษา การศึกษานี้ประยุกต์ใช้แนวคิดภูมิสถาปัตยกรรมร่วมสมัยร่วมกับหลักอารยสถาปัตย์ (Universal Design) เพื่อสร้างพื้นที่แห่งการเรียนรู้และฟื้นฟูจิตใจ (Learning & Healing Space) ที่คนทุกกลุ่มสามารถเข้าถึงได้อย่างเท่าเทียม โดยมุ่งเน้นกระบวนการออกแบบที่เชื่อมโยงระหว่างบริบทธรรมชาติเดิมและฟังก์ชันการใช้งานเชิงวิชาการและศาสนกิจ ผลการศึกษาพบว่าการบูรณาการองค์ประกอบพุทธศิลป์เข้ากับนวัตกรรมการจัดการพื้นที่เชิงภูมิสถาปัตย์ ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับสุนทรียภาพของพื้นที่ แต่ยังส่งเสริมการมีส่วนร่วมและความรู้สึกเป็นเจ้าของพื้นที่ของประชาคมในสถาบันการศึกษา อันเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการพัฒนาศาสนสถานในบริบทสถาบันการศึกษาสมัยใหม่

คำสำคัญ: ภูมิสถาปัตยกรรมศาสนสถาน, การออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, พุทธศิลป์ร่วมสมัย, อารยสถาปัตย์, พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล

Environmental Design Guidelines for Enhancing Religious Spaces in Educational Institutions: A Case Study of the Phra Buddha Maha Muni Sri Rajamangala Courtyard

Veerasak Suanchan[1*] Kobporn Nukulkam[2] Sikarint Munlikawong[3] and Chatkamon Tadang[4]

[1] Interdisciplinary and Technological College, Rajamangala University of Technology Lanna 98 Moo 8, T.Papong, Doisaket District, Chiangmai Province 50220

*E-mail: aj_nui@rmutl.ac.th, 081 533 3043

Abstract

This academic article aims to present guidelines for the development and environmental design of the Phra Buddha Maha Muni Sri Rajamangala courtyard at the Interdisciplinary and Technological College, Rajamangala University of Technology Lanna. The objective is to transform this area into a space that embodies Buddhist artistic aesthetics while effectively supporting educational institutions' activities. This study applies contemporary landscape architecture principles integrated with Universal Design to create a "Learning & Healing Space" that is equally accessible to all groups. The design process focuses on establishing a connection between the existing natural context and functional requirements for both academic and religious activities. The findings indicate that integrating Buddhist art elements with innovative landscape spatial management not only enhances the aesthetic value of the area but also fosters engagement and a sense of ownership among the university community. This approach serves as a sustainable guideline for developing religious sites within modern educational contexts.

Keywords: Religious Landscape Architecture, Learning Environmental Design, Contemporary Buddhist Art, Universal Design, Phra Buddha Maha Muni Sri Rajamangala

1. บทนำ

ศาสนสถานภายในสถาบันการศึกษาถือเป็นพื้นที่ทางจิตวิญญาณที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นศูนย์รวมจิตใจของประชาคม ทั้งอาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษา และประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ (Interdisciplinary and Technological College: ITC) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตและพัฒนากำลังคนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของภาคอุตสาหกรรม ได้ให้ความสำคัญกับการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมทั้งความเป็นเลิศทางวิชาการและสุขภาวะทางจิตใจ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2565) การสร้างพระพุทธรูปประจำสถาบันจึงมิใช่เพียงแต่เป็นเครื่องยึดเหนี่ยวจิตใจ แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และเป็นพื้นที่สำหรับประกอบกิจกรรมทางศาสนาเพื่อผ่อนคลายจิตใจในรั้วสถาบันการศึกษา อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการพื้นที่ศาสนสถานให้มีความยั่งยืนและเอื้อต่อการใช้งานจำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการแนวคิดด้านการออกแบบสภาพแวดล้อมที่สอดคล้องกับวิถีพุทธและวิถีคนรุ่นใหม่ (คณะกรรมการฝ่ายสาธารณูปการ ของมหาเถรสมาคม, 2563)

ในมิติด้านภูมิสถาปัตยกรรม การออกแบบศาสนสถานในระดับสถาบันการศึกษาจำเป็นต้องคำนึงถึง "สัปปายะสถาน" หรือสถานที่ที่เอื้อต่อการบำเพ็ญเพียร โดยใช้หลักธรรมเป็นตัวกลางในการกำหนดรูปแบบพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อการสร้างภาวะจิตที่สงบและมั่นคง (วัชรพงษ์ ชุมดวง, 2568) นอกจากนี้ การพัฒนาพื้นที่ยังต้องผนวกเข้ากับแนวคิดการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) เพื่อสร้างความเท่าเทียมในการเข้าถึงพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์สำหรับผู้ใช้งานทุกกลุ่ม รวมถึงผู้สูงอายุและผู้ที่มีข้อจำกัดทางร่างกาย (วัศพล วิจิตรสาร, 2565) ทั้งนี้ การจัดการพื้นที่ควรบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับกระบวนการออกแบบเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (อัมพิกา อำลอย, 2568) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการวัดเพื่อการท่องเที่ยวเชิงจิตวิญญาณที่เน้นการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการปฏิบัติธรรมและการเรียนรู้ (เกียรติศักดิ์ ไชยพัฒนะพฤกษ์, 2564) ดังนั้น โครงการพัฒนาพื้นที่ลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล จึงเป็นการผสานหลักการออกแบบสภาพแวดล้อม การมีส่วนร่วมของชุมชน และหลักพุทธศาสนาเข้าด้วยกัน เพื่อยกระดับพื้นที่ศาสนสถานให้เป็นต้นแบบพื้นที่แห่งการเรียนรู้และฟื้นฟูจิตใจในสถาบันการศึกษา

ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาพื้นที่ลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล จึงถือเป็นกรณีศึกษาที่สำคัญในการประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงนวัตกรรมเพื่อยกระดับพื้นที่ศาสนสถานในสถาบันการศึกษาให้มีความร่วมสมัย โดยโครงการนี้มุ่งเน้นการผสานหลักการออกแบบสภาพแวดล้อม การมีส่วนร่วมของชุมชน และหลักพุทธศาสนาเข้าด้วยกัน เพื่อยกระดับพื้นที่ให้เป็นต้นแบบพื้นที่แห่งการเรียนรู้ (Learning Space) และพื้นที่ฟื้นฟูจิตใจสำหรับนักศึกษาและบุคลากรของวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ รวมถึงประชาชนทั่วไป เพื่อให้พื้นที่แห่งนี้ตอบโจทย์ทั้งความศักดิ์สิทธิ์ทางจิตวิญญาณและประโยชน์ใช้สอยที่เป็นอารยสถาปัตย์อย่างแท้จริง



ภาพที่ 1 ลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล
ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเดิมและพฤติกรรมการใช้งานพื้นที่ ลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล เพื่อระบุข้อจำกัดทางกายภาพและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าถึงของผู้ใช้งานทุกกลุ่ม

2.2 เพื่อประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการพัฒนาพื้นที่ ผ่านกระบวนการออกแบบที่มีส่วนร่วม เพื่อให้ได้แนวทางที่ตอบสนองต่ออัตลักษณ์ของสถาบันและสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของพื้นที่ให้กับประชาคม

2.3 เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเชิงนวัตกรรม โดยบูรณาการแนวคิดภูมิสถาปัตยกรรมร่วมสมัย หลักอารยสถาปัตย์ (Universal Design) และการจัดการแสงสว่างที่เหมาะสม เพื่อยกระดับพื้นที่ให้เป็นแหล่งเรียนรู้และฟื้นฟูจิตใจ

3. แนวความคิด ทฤษฎี ขอบเขตของการสร้างสรรค์ผลงาน

การพัฒนาพื้นที่ลานประดิษฐานฯ ตั้งอยู่บนกรอบแนวคิดที่ผสาน "พุทธศาสนวิถี" เข้ากับ "ภูมิสถาปัตยกรรมสมัยใหม่" ดังนี้

3.1 แนวคิดด้านฟังก์ชันและพื้นที่ (Spatial Innovation) เน้นการออกแบบพื้นที่เอนกประสงค์ (Multi-Purpose Design) แบบลดหลั่น (Amphitheater) เพื่อปรับเปลี่ยนฟังก์ชันจากพื้นที่นั่งสมาธิส่วนบุคคลให้เป็นพื้นที่เสวนาทางวิชาการและกิจกรรมชุมชน โดยใช้หลักการจัดการพื้นที่ที่ลดการแบ่งแยกเชิงกายภาพ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2565)

3.2 แนวคิดการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) การปรับปรุงทางเดินและลานให้เป็นอารยสถาปัตย์ตามมาตรฐานสากล เพื่อรองรับการเข้าถึงของนักศึกษาและบุคลากรทุกกลุ่ม ลดอุปสรรคทางกายภาพในศาสนสถาน (วัศพล วิจิตรสาร, 2565)

3.3 แนวคิดการจัดการสภาพแวดล้อม (Landscape & Comfort) การใช้ Biophilic Design หรือการปลูกพืชพรรณท้องถิ่น เพื่อสร้างร่มเงา (Dappled Light) ช่วยลดความร้อนในพื้นที่ลานกลางแจ้ง ส่งเสริมสุขภาวะทางจิตผ่านสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติ (วัชรพงษ์ ชุมดวง, 2568; อัมพิกา อำลอย, 2568)

3.4 การบูรณาการเทคโนโลยี (Digital Integration) การใช้เทคโนโลยีแสงสว่าง (Dynamic Lighting) เพื่อขับเน้นอัตลักษณ์ทางพุทธศิลป์ในยามค่ำคืน และการสื่อสารข้อมูลประวัติองค์พระพุทธรูปผ่าน QR Code เพื่อเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ศักดิ์สิทธิ์กับคนรุ่นใหม่ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2565)

4. ขอบเขตของการสร้างสรรค์ผลงาน

การสร้างสรรค์ผลงานในโครงการนี้มุ่งเน้นการบูรณาการมิติด้านสถาปัตยกรรม ภูมิสถาปัตยกรรม และวิศวกรรมการจัดการพื้นที่ โดยกำหนดขอบเขตครอบคลุมประเด็นสำคัญ ดังนี้

4.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ โครงการดำเนินการ ณ บริเวณลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (ดอยสะเก็ด) โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงภูมิทัศน์และสภาพแวดล้อมทางกายภาพในรัศมีโดยรอบองค์พระพุทธรูป เพื่อเชื่อมโยงพื้นที่กิจกรรมหลักเข้ากับเส้นทางสัญจรของนักศึกษาและบุคลากร

4.2 ขอบเขตด้านการออกแบบ ปรับปรุงทางเดินและพื้นผิวตามหลักอารยสถาปัตย์ (Universal Design) เพื่อความเท่าเทียมในการเข้าถึง และการจัดการระบบนิเวศน์เฉพาะถิ่น (Local Ecosystem) เพื่อสร้างสุขภาวะทางกายภาพ (Thermal Comfort) และการออกแบบแสงสว่างเพื่อเสริมสร้างบรรยากาศ

5. วิธีการดำเนินงาน

โครงการนี้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงสร้างสรรค์แบบบูรณาการร่วมกับการมีส่วนร่วม (Participatory Design Process) โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

5.1 การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลฐาน (Baseline Data Collection)

- รวบรวมข้อมูลทางกายภาพ ข้อมูลทางประวัติศาสตร์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดสร้างพระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล

- วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานพื้นที่จริง (User Behavioral Analysis) ของนักศึกษาและบุคลากรภายในวิทยาลัยฯ เพื่อหาจุดแข็งและอุปสรรคในการใช้งาน

5.2 การระดมสมองและกระบวนการมีส่วนร่วม (Participatory Design Workshop)

- จัดกิจกรรมรับฟังความคิดเห็นจากตัวแทนคณะกรรมการดำเนินงาน คณาจารย์ และนักศึกษา เพื่อรวบรวมความต้องการเชิงลึกและอัตลักษณ์ที่ประชาคมต้องการสะท้อนผ่านพื้นที่ลาน

5.3 การออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Design & Prototype Development)

- จัดทำผังบริเวณ (Master Plan) และแบบจำลองรายละเอียด โดยเน้นความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม (Landscape Integration)
- ออกแบบองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่สะท้อนศิลปกรรมร่วมสมัย โดยพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการก่อสร้างและการบำรุงรักษาในระยะยาว ตามแนวปฏิบัติโครงการ "วัด ประชา รัฐ สร้างสุข"

5.4 การประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ (Feasibility & Assessment):

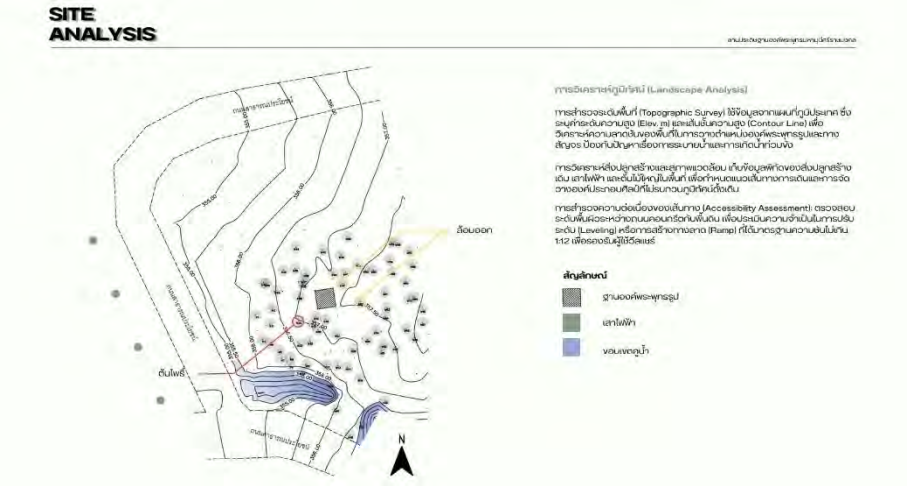
- ตรวจสอบความสอดคล้องกับระเบียบการใช้พื้นที่ศาสนสถานในสถาบันการศึกษา
- นำแบบที่พัฒนาแล้วเข้าสู่กระบวนการจัดเตรียมแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อถอดปริมาณงาน สำหรับนำไปทำบัญชีแสดงรายการปริมาณงานและวัสดุ หรือ BOQ เตรียมพร้อมในการก่อสร้าง

6. การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลในโครงการนี้ใช้วิธีการสำรวจภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Site Analysis) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำสำหรับการออกแบบ โดยอ้างอิงจากแผนที่ภูมิประเทศและสภาพกายภาพจริงของพื้นที่ลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและสถาปัตยกรรม (Architectural & Site Analysis)

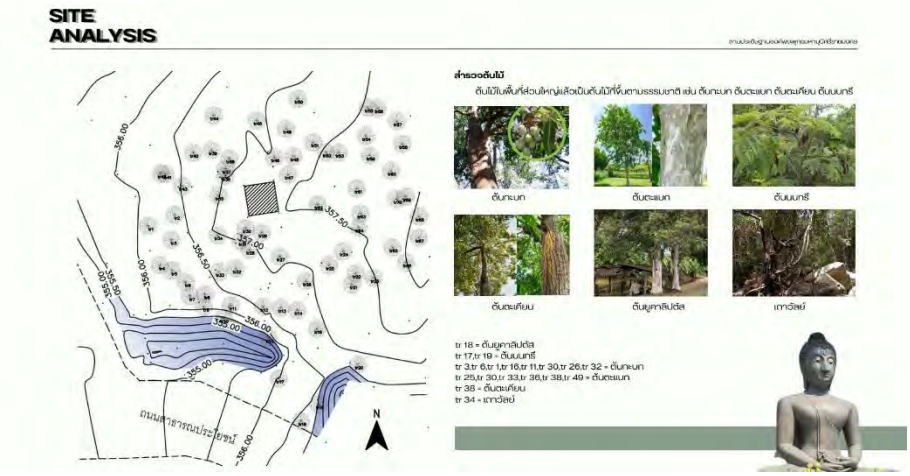
- การสำรวจระดับพื้นที่ (Topographic Survey) ใช้ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งระบุค่าระดับความสูง (Elev. m) และเส้นชั้นความสูง (Contour Line) เพื่อวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ในการวางตำแหน่งองค์พระพุทธรูปและทางสัญจร ป้องกันปัญหาเรื่องการระบายน้ำและการเกิดน้ำท่วมขัง



ภาพที่ 2 แสดงแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Line) ระดับความสูง และจุดพิกัดสิ่งปลูกสร้างเดิม เสาไฟฟ้า รวมถึงระบุต้นไม้ที่จะทำการล้อมออก

ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

- การวิเคราะห์สิ่งปลูกสร้างและสภาพแวดล้อม เก็บข้อมูลพิกัดของสิ่งปลูกสร้างเดิม เสาไฟฟ้า และต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่ เพื่อกำหนดแนวเส้นทางการเดินและการจัดวางองค์ประกอบศิลป์ที่ไม่รบกวนภูมิทัศน์ดั้งเดิม

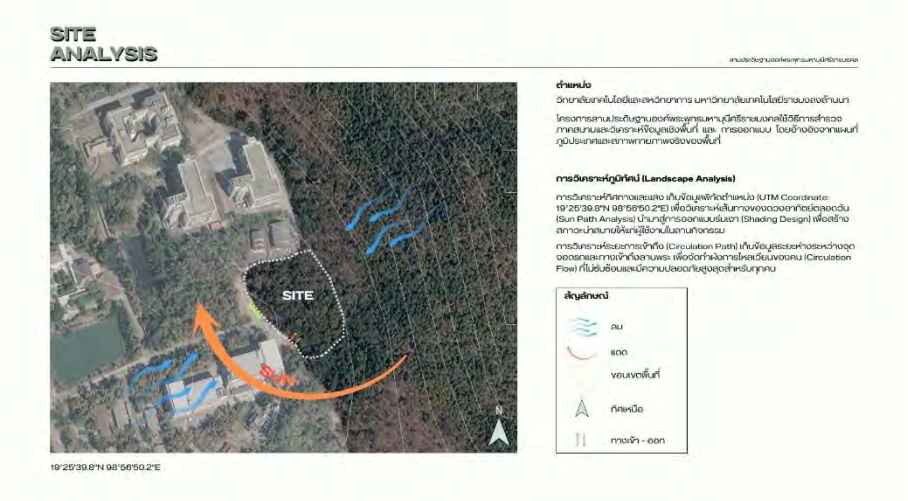


ภาพที่ 3 แสดงการสำรวจพรรณไม้เดิมในพื้นที่ เช่น ต้นกระบก ต้นตะแบก ต้นนนทรี ต้นตะเคียน ต้นยูคาลิปตัส และเถาวัลย์ เพื่อเลือกอนุรักษ์ไม้ใหญ่ดั้งเดิมไว้ตามแนวคิดการไม่รบกวนภูมิทัศน์เดิม

ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

6.2 การวิเคราะห์ภูมิทัศน์ (Landscape Analysis)

- การวิเคราะห์ทิศทางและแสง เก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่ง (UTM Coordinate: 19°25'39.8"N 98°56'50.2"E) เพื่อวิเคราะห์เส้นทางของดวงอาทิตย์ตลอดวัน (Sun Path Analysis) นำมาสู่การออกแบบร่มเงา (Shading Design) เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายให้แก่ผู้ใช้งานในลานกิจกรรม
- การจัดการพื้นที่สีเขียว จำแนกพื้นที่ปลูกหญ้าและต้นไม้เดิม เพื่อวางแผนการปรับปรุงภูมิทัศน์ให้เป็นระเบียบและส่งเสริมความสงบทางทัศนียภาพ



ภาพที่ 4 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมที่ระบุขอบเขตพื้นที่โครงการ (Site) พร้อมวิเคราะห์ทิศทางลม (Wind Direction) เส้นทางของแสงแดด/ดวงอาทิตย์ (Sun Path) และทิศเหนือ (North)
ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

6.3 การเก็บข้อมูลตามหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design Data)

- การสำรวจความต่อเนื่องของเส้นทาง (Accessibility Assessment): ตรวจสอบระดับพื้นผิวระหว่างถนนคอนกรีตกับพื้นดิน เพื่อประเมินความจำเป็นในการปรับระดับ (Leveling) หรือการสร้างทางลาด (Ramp) ที่ได้มาตรฐานความชันไม่เกิน 1:12 เพื่อรองรับผู้ใช้วีลแชร์
- การเก็บข้อมูลลักษณะผิวสัมผัส (Tactile & Surface Data) สำรวจลักษณะพื้นผิวปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การออกแบบพื้นผิวต่างสัมผัส (Tactile Paving) ในจุดสำคัญ เพื่อเอื้ออำนวยต่อผู้พิการทางการมองเห็น
- การวิเคราะห์ระยะการเข้าถึง (Circulation Path) เก็บข้อมูลระยะห่างระหว่างจุดจอดรถและทางเข้าถึงลานพระ เพื่อจัดทำผังการไหลเวียนของคน (Circulation Flow) ที่ไม่ซับซ้อนและมีความปลอดภัยสูงสุดสำหรับทุกคน



ภาพที่ 5 แสดงผังพื้นสถาปัตยกรรม (Layout Plan) และการจัดการระบบสัญจร เส้นทางลาด และขั้นบันได รอบองค์พระที่สอดคล้องกับผังการไหลเวียนของคน (Circulation)
ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

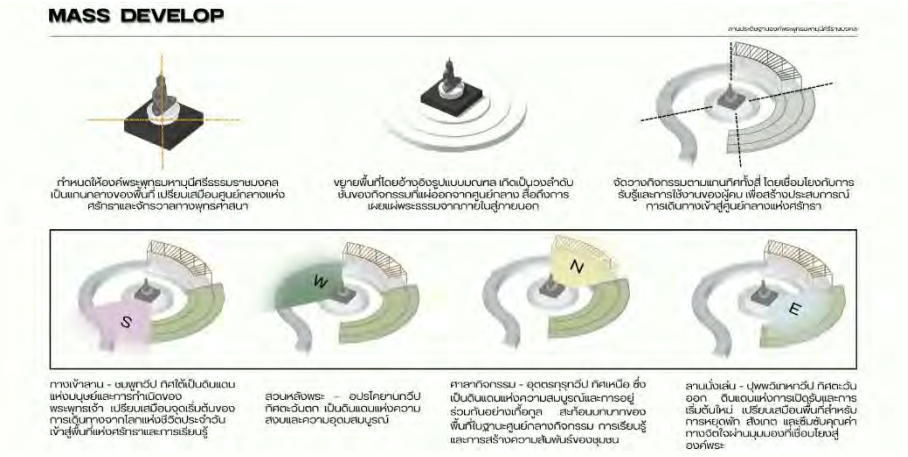
7. บทสรุป

โครงการออกแบบลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล ณ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ เป็นการผสานรวมระหว่าง “ข้อมูลกายภาพเชิงพื้นที่จริง” และ “คติความเชื่อทางพระพุทธศาสนา” ได้อย่างกลมกลืน โดยจากการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม ทิศทางแดด-ลม (Site Analysis) และพรรณไม้เดิม นำไปสู่การจัดวางผังพื้นที่ในรูปแบบ ระบบมณฑล (Mandala) และคติไตรภูมิ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สะท้อนออกมาในขั้นตอนการพัฒนารูปทรงอาคารเบื้องต้น (Mass Development) และแบบรูปด้าน (Elevation) ที่กำหนดให้องค์พระพุทธรูปเป็นศูนย์กลางแห่งความศรัทธา (เปรียบเสมือนเขาพระสุเมรุ) แล้วแผ่ขยายพื้นที่กิจกรรมออกไปตามแกนทิศทั้งสี่ ได้แก่ ทิศใต้เป็นทางเข้าลาน (ชมพูทวีป), ทิศตะวันตกเป็นสวนหลังพระที่สงบร่มรื่น (อมรโคยานทวีป), ทิศเหนือเป็นศาลากิจกรรม (อุตตรกุรุทวีป) และทิศตะวันออกเป็นลานนั่งเล่นพักผ่อน (บุพพวิเทหทวีป)



ภาพที่ 6 แสดงแผนผังแนวคิดแบบมณฑล (Mandala) และการจำลองจักรวาลตามคติไตรภูมิ

ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์



ภาพที่ 7 แสดงลำดับขั้นตอนการพัฒนาพื้นที่กิจกรรมตามทิศทั้ง 4 ทวีป

ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 การเข้าถึงที่เป็นมิตร (Universal Design) การออกแบบทางลาดชันไม่เกิน 1:12 และการเปลี่ยนผ่านระดับจากถนนภายนอกเข้าสู่ลานพระ ถือเป็นจุดเด่นที่ทำให้ศาสนสถานแห่งนี้รองรับคนทุกกลุ่ม (All Generations) ได้อย่างแท้จริง



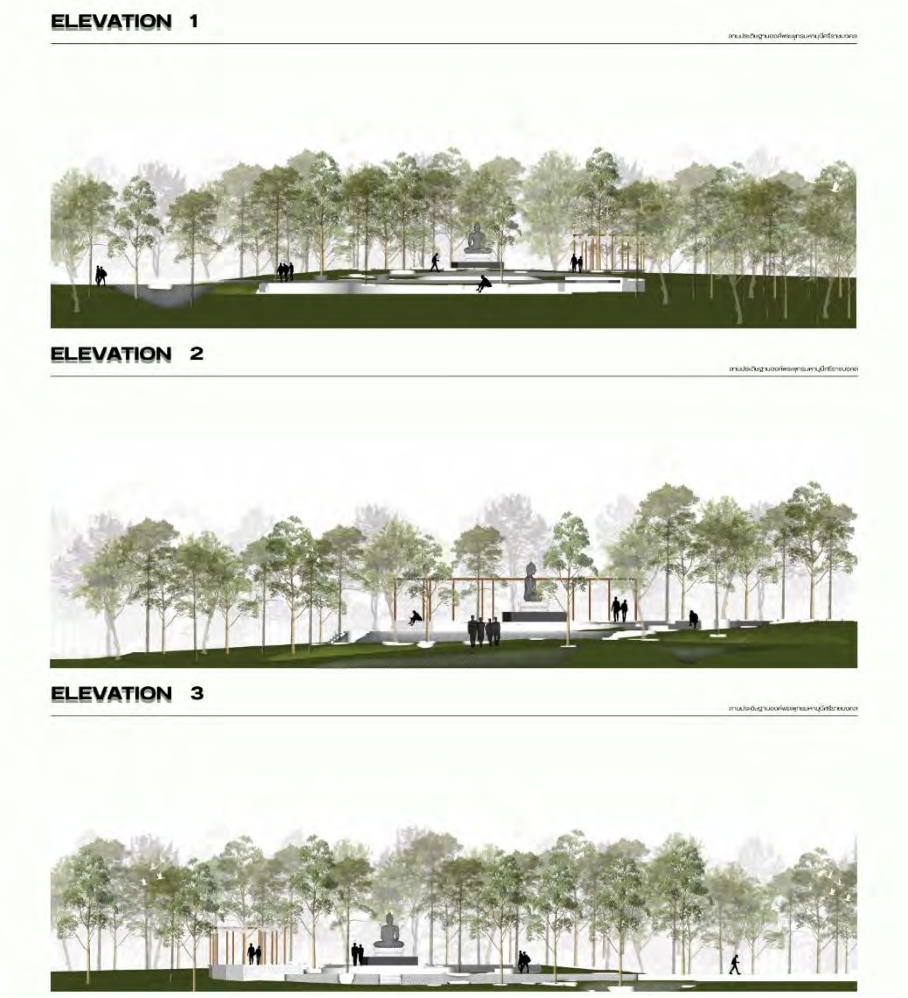
ภาพที่ 8 แสดงภาพทางลาดชันไม่เกิน 1:12 และการเปลี่ยนผ่านระดับจากถนนภายนอกเข้าสู่ลานพระ
ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

8.2 การประหยัดพลังงานและการสร้างสภาวะน่าสบาย การวิเคราะห์ Sun Path และการเก็บรักษาไม้ใหญ่ดั้งเดิม (เช่น ต้นกระบก ตะแบก ตะเคียน) ช่วยสร้างร่มเงาตามธรรมชาติ ลดความร้อนสะสมบนพื้นผิวลานกิจกรรม (ซึ่งใช้วัสดุพื้นยางมะตอยพิมพ์ลาย) ทำให้พื้นที่เอื้อต่อการทำสมาธิ เดินจงกรม หรือจัดกิจกรรมของวิทยาลัยได้ตลอดทั้งวัน



ภาพที่ 9 แสดงภาพการเก็บรักษาไม้ใหญ่ดั้งเดิม ช่วยสร้างร่มเงาตามธรรมชาติ
ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

8.3 ความสอดคล้องทางทัศนียภาพ จากภาพรูปด้าน (Elevation 1-3) จะเห็นว่าการจำกัดความสูงของโครงสร้างศาลากิจกรรมและการจัดระดับพื้น ไม่บดบังหรือข่มองค์พระประธาน แต่กลับช่วยส่งเสริมให้องค์พระโดดเด่นท่ามกลางฉากหลังที่เป็นกลุ่มไม้ธรรมชาติดั้งเดิม



ภาพที่ 10 แสดงภาพรูปด้านในมุมมองต่าง ๆ เผยให้เห็นสัดส่วนความสูงขององค์พระ โครงสร้างศาลา และความกลมกลืนกับแนวต้นไม้ธรรมชาติในพื้นที่จริง

ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์



ภาพที่ 11 แสดงภาพทัศนียภาพบริเวณลานประดิษฐานองค์พระพุทธมหามุนีศรีราชมงคล
ที่มา : โดยผู้สร้างสรรค์

9. เอกสารอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ ไชยพัฒนะพฤกษ์. (2564). *แนวทางการจัดการวัดเพื่อการท่องเที่ยวเชิงจิตวิญญาณ: กรณีศึกษาวัดป่าถ้ำวัว จังหวัดแม่ฮ่องสอน* (ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาพุทธศาสตรดุษฎีบัณฑิต). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย

คณะกรรมการฝ่ายสาธารณูปการ ของมหาเถรสมาคม. *คู่มือและแนวปฏิบัติโครงการวัด ประชา รัฐ สร้างสุข.* (2563). นนทบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ. (2565). *ขออนุมัติโครงการจัดสร้างพระพุทธรูปประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ* (บันทึกข้อความ, ที่ อว 0654.09/607). เชียงใหม่: สำนักงานผู้อำนวยการฯ.

วัชรพงษ์ ชุมดวง. (2560). การศึกษาแนวคิดเพื่อการออกแบบพุทธอุทยานรัตนมหาเจดีย์ในศรีลังกา อินเดีย และจีน. *เจ-ดี : วารสารวิชาการ การออกแบบสภาพแวดล้อม, 4*(1), 39-51.

วัศพล วิจิตรสาร. (2565). *ชวนทำความรู้จัก "อารยสถาปัตย์" แนวคิดสำคัญที่ทุกพื้นที่จำเป็นต้องมี.* สืบค้น 18 มิถุนายน 2568, จาก http://www.dsignsomething.com/2022/03/02/universal-design-siampiwat/

อัมพิกา อำลอย. (2568). แนวทางการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นกับการออกแบบ ภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน: กรณีศึกษาชุมชนเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิชาการภูมิสถาปัตยกรรมและการวางผัง, 7*(1), 1-17.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ภาคเหนือ

นพรัตน์ ทับทิมศรีบุรินท์[1*] และณโม รักเลี้ยง[2]

[1*,2]สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

*E-mail: pacharadanaiw@plu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0819623327

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน วิเคราะห์ความสัมพันธ์และอิทธิพลของการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคมที่มีต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน และสังเคราะห์รูปแบบการมีส่วนร่วมที่เหมาะสมกับบริบทภาคเหนือ การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนอายุ 18 ปีขึ้นไป ในพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 27 แห่ง จาก 9 จังหวัดภาคเหนือ จำนวน 500 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.14, S.D. = 0.55) โดยด้านการร่วมดำเนินการมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.58) ส่วนปัจจัยสนับสนุนทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยทุนทางสังคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.57) ปัจจัยทั้ง 4 ด้านมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (r = .612–.755) และสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการมีส่วนร่วมได้ร้อยละ 67.40 (R^2 = .674, Adjusted R^2 = .671) โดยทุนทางสังคมมีอิทธิพลสูงสุด (β = .336, $p < .001$) ผลการวิจัยนำไปสู่การสังเคราะห์รูปแบบเชิงแนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน (Sustainable Local Participation Model: SLPM) ซึ่งเชื่อมโยงปัจจัยสนับสนุนทั้ง 4 ด้านกับกระบวนการมีส่วนร่วม 5 ด้าน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วมของประชาชน; การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน; ทุนทางสังคม; ความเข้มแข็งของชุมชน; องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ABSTRACT

This research aimed to examine the level of citizen participation in sustainable local development; investigate the relationships and effects of information awareness, local administrators' leadership, community strength, and social capital on citizen participation; and synthesize a participation model appropriate to the context of Northern Thailand. A quantitative survey design was employed. The sample comprised 500 residents aged 18 years and older from 27 local government organizations across nine northern provinces, selected through multistage sampling. Data were collected using a questionnaire and analyzed using the mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and multiple regression analysis. The findings revealed that the overall level of citizen participation was high ($\bar{x}$ = 4.14, S.D. = 0.55), with participation in implementation receiving the highest mean score ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.58). All four supporting factors were also rated at a high level, with social capital receiving the highest mean score ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.57). The four factors were positively correlated with citizen participation at the .01 level of statistical significance (r = .612–.755). Collectively, they explained 67.40% of the variance in citizen participation (R^2 = .674, Adjusted R^2 = .671), with social capital exerting the strongest influence (β = .336, $p < .001$). Based on these findings, the Sustainable Local Participation Model (SLPM) was synthesized by integrating the four supporting factors with five dimensions of citizen participation. The model provides practical guidance for local government organizations seeking to strengthen citizen participation and advance sustainable local development.

Keywords: Citizen Participation; Sustainable Local Development; Social Capital; Community Strength; Local Government Organizations

1. บทนำ

การพัฒนาท้องถิ่นเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน เสริมสร้างศักยภาพของชุมชน และลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะภายใต้บริบทของการกระจายอำนาจ ซึ่งเปิดโอกาสให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีบทบาทในการกำหนดนโยบาย จัดบริการสาธารณะ และบริหารทรัพยากรให้สอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของประชาชนในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของการกระจายอำนาจมิได้ขึ้นอยู่กับการถ่ายโอนภารกิจเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความชัดเจนของอำนาจหน้าที่ ความพร้อมด้านงบประมาณและบุคลากร การประสานงานระหว่างหน่วยงาน ตลอดจนความโปร่งใส

และการมีส่วนร่วมของประชาชน (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2019)

การพัฒนาท้องถิ่นจึงมิใช่เพียงการดำเนินโครงการเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า แต่เป็นกระบวนการเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน ส่งเสริมการพึ่งพาตนเอง และพัฒนาพื้นที่อย่างสมดุลทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อนการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่อยู่ใกล้ชิดประชาชน สามารถเข้าถึงข้อมูลปัญหา และออกแบบบริการสาธารณะให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ได้โดยตรง ทั้งในด้านการลดความเหลื่อมล้ำ การจัดการสิ่งแวดล้อม การรับมือภัยพิบัติ และการพัฒนาเมืองและชุมชนให้น่าอยู่ (United Nations Human Settlements Programme [UN-Habitat], 2022)

องค์การสหประชาชาติให้ความสำคัญกับการขับเคลื่อนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 11 การทำให้เมืองและชุมชนมีความครอบคลุม ปลอดภัย ยืดหยุ่น และยั่งยืน เป้าหมายที่ 16 การส่งเสริมสถาบันที่มีประสิทธิผล โปร่งใส และรับผิดชอบ และเป้าหมายที่ 17 การสร้างความร่วมมือเพื่อการพัฒนา ทั้งนี้ รายงานความก้าวหน้าของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนชี้ให้เห็นว่า การบรรลุเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องเร่งดำเนินงานในระดับท้องถิ่น พร้อมส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาสังคม และประชาชน (United Nations, 2024)

สำหรับประเทศไทย แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 พ.ศ. 2566–2570 ให้ความสำคัญกับการพัฒนาประเทศบนฐานของความยั่งยืน การสร้างโอกาสและความเสมอภาค การเพิ่มขีดความสามารถของพื้นที่ และการเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจึงต้องปรับบทบาทจากการเป็นเพียงหน่วยดำเนินโครงการไปสู่การเป็นกลไกหลักในการเชื่อมโยงนโยบายระดับชาติกับความต้องการของประชาชน โดยใช้การมีส่วนร่วม ข้อมูลเชิงพื้นที่ และความร่วมมือของภาคีเครือข่ายเป็นฐานในการกำหนดแนวทางการพัฒนาท้องถิ่นที่เหมาะสมและยั่งยืน (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565)

การมีส่วนร่วมของประชาชน เป็นหลักการสำคัญของการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี (Good Governance) ซึ่งเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการกำหนดทิศทางการพัฒนา การตัดสินใจ การดำเนินงาน การติดตามตรวจสอบ และการประเมินผลการดำเนินงานของภาครัฐ (United Nations Development Programme [UNDP], 1997) โดย UNDP ได้เสนอว่าการมีส่วนร่วมเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของธรรมาภิบาลที่ช่วยเสริมสร้างความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และประสิทธิภาพในการบริหารจัดการภาครัฐ อันจะนำไปสู่การพัฒนามนุษย์อย่างยั่งยืน ในทำนองเดียวกัน ธนาคารโลก (World Bank, 2014) ได้ให้ความสำคัญ กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในฐานะกลไกสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิผลของการพัฒนา สร้างความไว้วางใจระหว่างภาครัฐกับประชาชน โดยสนับสนุนให้หน่วยงานภาครัฐเปิดพื้นที่ให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบาย การวางแผน และการติดตามผลการดำเนินงานของภาครัฐอย่างเป็นระบบ

แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชนได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดย Cohen และ Uphoff (1980) อธิบายว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนควรเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการพัฒนา ได้แก่ การมีส่วนร่วม ในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ และการมีส่วนร่วมในการประเมินผล ขณะที่ Arnstein (1969) ได้เสนอแนวคิดบันไดการมีส่วนร่วมของประชาชน (Ladder of Citizen Participation) ซึ่งสะท้อนระดับอำนาจของประชาชนในการมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจสาธารณะ ตั้งแต่ระดับการรับรู้ข้อมูลข่าวสารไปจนถึงระดับการควบคุมโดยประชาชน นอกจากนี้ แนวคิดทุนทางสังคม (Social Capital Theory) ของ Putnam (1993) ยังชี้ให้เห็นว่าความไว้วางใจ เครือข่ายความสัมพันธ์ และความร่วมมือของสมาชิกในชุมชน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนและนำไปสู่ความสำเร็จของการพัฒนาท้องถิ่น เนื่องจากชุมชนที่มีทุนทางสังคมสูงมักสามารถระดมทรัพยากร ความร่วมมือ และการสนับสนุนจากประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าหน่วยงานภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างต่อเนื่อง แต่จากการดำเนินงานในหลายพื้นที่ยังพบปัญหาและข้อจำกัดหลายประการ อาทิ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่ไม่ทั่วถึง การขาดแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะ การขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่น ตลอดจนข้อจำกัดด้านการสื่อสารระหว่างภาครัฐกับประชาชน ส่งผลให้การมีส่วนร่วมยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถสะท้อนความต้องการของประชาชนได้อย่างแท้จริง ผลการศึกษาของ Hao (2022) พบว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนมีอิทธิพลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการกำกับดูแลภาครัฐและการพัฒนาอย่างยั่งยืน อีกทั้งการมีส่วนร่วมยังเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างความรับผิดชอบและความโปร่งใสของหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งช่วยให้การดำเนินนโยบายสาธารณะมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ในประเทศไทยมุ่งศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในบริบทเฉพาะพื้นที่ ขณะที่การศึกษาที่มุ่งพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนโดยบูรณาการปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม ยังมีจำนวนจำกัด จึงเกิดช่องว่างทางวิชาการ (Research Gap) ที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ภาคเหนือ เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วม ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วม และพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมที่เหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบาย การวางแผนพัฒนาท้องถิ่น และการส่งเสริมกลไกการมีส่วนร่วมของประชาชนให้เกิดประสิทธิผลอันจะนำไปสู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนในระยะยาว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

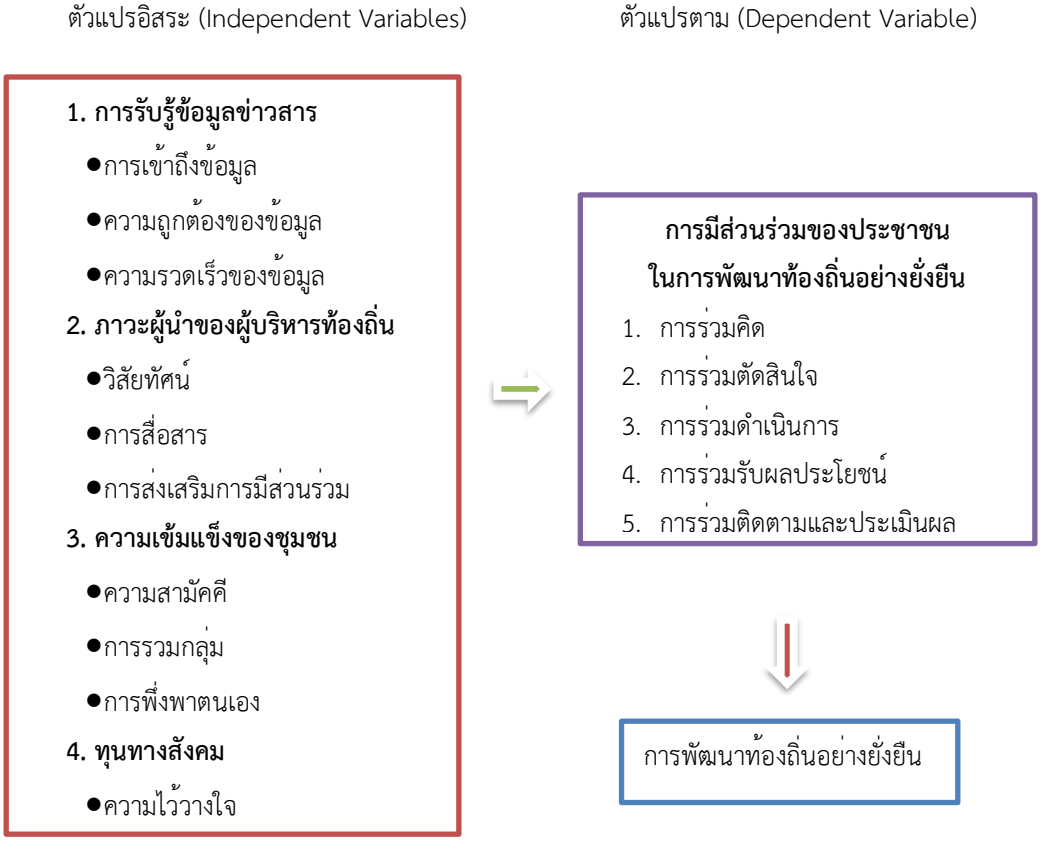
2. เพื่อศึกษาระดับการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคมกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

4. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคมที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

5. เพื่อพัฒนาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนที่เหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีการมีส่วนร่วมของประชาชน

การมีส่วนร่วมของประชาชน (Citizen Participation) เป็นแนวคิดสำคัญในการบริหารกิจการสาธารณะสมัยใหม่ที่มุ่งเน้นการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการกำหนดนโยบาย การตัดสินใจ การดำเนินงาน และการติดตามประเมินผลการดำเนินงานของภาครัฐ อันเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และความชอบธรรมในการบริหารงานภาครัฐ (United Nations Development Programme [UNDP], 1997)

แนวคิดการมีส่วนร่วมได้รับการอธิบายอย่างเป็นระบบโดย Cohen และ Uphoff (1980) ซึ่งเสนอว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนควรครอบคลุมตลอดกระบวนการพัฒนา ประกอบด้วย 4 มิติ ได้แก่ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ และการมีส่วนร่วมในการประเมินผล แนวคิดดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมมิใช่เพียงการเข้าร่วมกิจกรรมของรัฐเท่านั้น แต่เป็นกระบวนการที่ประชาชนมีบทบาทอย่างต่อเนื่องในการกำหนดทิศทางการพัฒนา

นอกจากนี้ Arnstein (1969) ได้เสนอทฤษฎีบันไดการมีส่วนร่วมของประชาชน (Ladder of Citizen Participation) ซึ่งแบ่งระดับการมีส่วนร่วมออกเป็น 8 ขั้น ตั้งแต่ระดับที่ประชาชนไม่มีอำนาจในการตัดสินใจ ไปจนถึงระดับที่ประชาชนสามารถควบคุมและกำหนดการดำเนินงานได้ด้วยตนเอง ทฤษฎีดังกล่าวสะท้อนว่าคุณภาพของการมีส่วนร่วมมิได้ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้เข้าร่วม แต่ขึ้นอยู่กับระดับอำนาจที่ประชาชนได้รับในการกำหนดนโยบายและการพัฒนา

ในบริบทของประเทศไทย ถวิลวดี บุรีกุล (2551) อธิบายว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นกลไกสำคัญของการกระจายอำนาจและการเสริมสร้างประชาธิปไตยระดับท้องถิ่น โดยประชาชนควรมีบทบาทตั้งแต่การรับรู้ข้อมูล การแสดงความคิดเห็น การร่วมตัดสินใจ ไปจนถึงการติดตามตรวจสอบการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

สรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นกระบวนการที่ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการกำหนดทิศทางการพัฒนา การตัดสินใจ การดำเนินงาน การรับผลประโยชน์ และการติดตามประเมินผล ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการบริหารจัดการท้องถิ่นสมัยใหม่ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรการมีส่วนร่วมของประชาชน ประกอบด้วย การร่วมคิด การร่วมตัดสินใจ การร่วมดำเนินการ การร่วมรับผลประโยชน์ และการร่วมติดตามประเมินผล

2.2 แนวคิดการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร

การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการมีส่วนร่วมของประชาชน เนื่องจากประชาชนจะสามารถแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจ และตรวจสอบการดำเนินงานของภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน และทันต่อสถานการณ์

World Bank (2014) ระบุว่าการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารของภาครัฐเป็นรากฐานสำคัญของกระบวนการมีส่วนร่วม เนื่องจากช่วยลดความเหลื่อมล้ำด้านข้อมูล (Information Asymmetry) และเพิ่มโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายสาธารณะ

ผลการศึกษาของจีรนันท์ ดำเนินงาม และอภิชาติ พานสุวรรณ (2566) พบว่าการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าประชาชนที่ได้รับข้อมูลข่าวสารอย่างเพียงพอจะมีแนวโน้มเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะมากกว่าประชาชนที่ขาดโอกาสในการเข้าถึงข้อมูล

สรุปได้ว่า การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้อง ครบถ้วน และทันเวลา เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้ประชาชนเกิดความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตนเอง และสามารถเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดตัวแปรการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ประกอบด้วย การเข้าถึงข้อมูล ความถูกต้องของข้อมูล และความรวดเร็วของข้อมูล ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

2.3 แนวคิดภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น

ภาวะผู้นำเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกำหนดทิศทางการพัฒนาและสร้างแรงจูงใจให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมสาธารณะ ผู้นำที่มีประสิทธิภาพสามารถสร้างความไว้วางใจ ประสานความร่วมมือ และกระตุ้นให้ประชาชนตระหนักถึงบทบาทของตนในการพัฒนาท้องถิ่น

Denhardt และ Denhardt (2022) ภายใต้แนวคิด New Public Service เสนอว่าผู้บริหารภาครัฐควรทำหน้าที่เป็นผู้สร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน มากกว่าการสั่งการตามลำดับชั้นแบบดั้งเดิม โดยมุ่งเน้นการสร้างพื้นที่สาธารณะสำหรับการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการตัดสินใจร่วมกัน

ถวิลวดี บุรีกุล (2551) พบว่าผู้นำท้องถิ่นที่มีวิสัยทัศน์ เปิดรับฟังความคิดเห็น และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน จะสามารถสร้างความร่วมมือและเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า ผู้บริหารท้องถิ่นที่มีวิสัยทัศน์ มีความสามารถในการสื่อสาร และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน จะสามารถสร้างความร่วมมือและกระตุ้นให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิผล ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบของภาวะผู้นำผู้บริหารท้องถิ่น ได้แก่ วิสัยทัศน์ การสื่อสาร และการส่งเสริมการมีส่วนร่วม

2.4 แนวคิดความเข้มแข็งของชุมชน

ความเข้มแข็งของชุมชนเป็นศักยภาพของชุมชนในการรวมกลุ่ม เรียนรู้ร่วมกัน และจัดการปัญหาของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ประเวศ วะสี (2557) อธิบายว่าชุมชนที่เข้มแข็งจะมีความสามารถในการพึ่งพาตนเอง มีระบบการเรียนรู้ร่วมกัน และสามารถระดมทรัพยากรเพื่อแก้ไขปัญหาของชุมชนได้อย่างต่อเนื่อง

สอดคล้องกับรายงานขององค์การสหประชาชาติ (United Nations, 2023) ที่ระบุว่าความเข้มแข็งของชุมชนเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เนื่องจากช่วยสร้างความร่วมมือ และการมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับฐานราก

สรุปได้ว่า ชุมชนที่มีความสามัคคี มีการรวมกลุ่ม และมีศักยภาพในการพึ่งพาตนเอง จะสามารถระดมความร่วมมือจากประชาชนและขับเคลื่อนกิจกรรมการพัฒนาท้องถิ่นได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การมีส่วนร่วมของประชาชนเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบของความเข้มแข็งของชุมชน ได้แก่ ความสามัคคี การรวมกลุ่ม และการพึ่งพาตนเอง

2.5 แนวคิดทุนทางสังคม

ทุนทางสังคม (Social Capital) เป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในการศึกษาการพัฒนาชุมชนและการบริหารภาครัฐ โดย Putnam (1993) อธิบายว่าทุนทางสังคมประกอบด้วยเครือข่ายทางสังคม ความไว้วางใจ และบรรทัดฐานของความร่วมมือ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินกิจกรรมร่วมกันของสมาชิกในสังคม

Fukuyama (1995) เห็นว่าความไว้วางใจเป็นรากฐานสำคัญของทุนทางสังคม เนื่องจากช่วยลดต้นทุนในการประสานงานและเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกัน

ประเวศ วะสี (2557) ชี้ว่าทุนทางสังคมเป็นปัจจัยที่ช่วยให้ชุมชนสามารถระดมทรัพยากร สร้างเครือข่ายความร่วมมือ พัฒนาศักยภาพของชุมชนได้อย่างต่อเนื่อง อันนำไปสู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สรุปได้ว่า ความไว้วางใจ เครือข่ายทางสังคม และความร่วมมือระหว่างสมาชิกในชุมชน เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการรวมกลุ่ม การแลกเปลี่ยนทรัพยากร และการดำเนินกิจกรรมสาธารณะร่วมกัน อันนำไปสู่การมีส่วนร่วมของประชาชนและการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบของทุนทางสังคม ได้แก่ ความไว้วางใจ เครือข่ายทางสังคม และความร่วมมือของประชาชน

2.6 แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้รับการเสนออย่างเป็นทางการโดย World Commission on Environment and Development (1987) ซึ่งให้ความหมายว่าเป็นการพัฒนาที่ตอบสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบันโดยไม่กระทบต่อความสามารถของคนรุ่นต่อไปในการตอบสนองความต้องการของตนเอง

ต่อมาองค์การสหประชาชาติได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) จำนวน 17 เป้าหมาย เพื่อเป็นกรอบการพัฒนาร่วมของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก โดยเน้นการพัฒนาที่สมดุลในมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (United Nations, 2023)

จากการศึกษาแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนของ World Commission on Environment and Development (1987) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ (United Nations, 2023) สรุปได้ว่าการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นการพัฒนาที่มุ่งสร้างความสมดุลระหว่างมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน โดยเฉพาะภาคประชาชนในการร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ

และร่วมดำเนินกิจกรรมการพัฒนา ดังนั้น การมีส่วนร่วมของประชาชนจึงถือเป็นกลไกสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน อันเป็นที่มาของกรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ภาคเหนือ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนที่มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป และมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในภาคเหนือของประเทศไทย แบ่งกลุ่มพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ภาคเหนือตอนบน จำนวน 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง จังหวัดน่าน ภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 5 จังหวัด จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิจิตร จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ การแบ่งกลุ่มดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมบริบททางสังคม เศรษฐกิจ และการปกครองที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่ซึ่งเป็นประชาชนที่มีสิทธิและบทบาท ในการเข้ามามีส่วนร่วมต่อการพัฒนาท้องถิ่นทั้งในด้านการร่วมคิด การร่วมตัดสินใจ การร่วมดำเนินการvการร่วมรับผลประโยชน์ และการร่วมติดตามประเมินผลการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ประชาชนผู้มีสิทธิเลือกตั้งสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร พ.ศ. 2569 ซึ่งมีภูมิลำเนาอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือ 17 จังหวัด จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้ง เมื่อรวมจำนวนผู้มีสิทธิเลือกตั้งรายจังหวัดตามขอบเขตพื้นที่ศึกษาพบว่า มีประชากรทั้งสิ้น 9,382,011 คน (สำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้ง, 2569) ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ .05 ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + N\,e^2}$$

$$= \frac{9{,}382{,}011}{1 + 9{,}382{,}011(.05)^2}$$

$$= 399.98 = 400$$

จากการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำประมาณ 400 คน อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลการศึกษา ลดความคลาดเคลื่อนจากการสุ่ม รองรับแบบสอบถามที่อาจไม่สมบูรณ์ และให้สามารถจัดสรรกลุ่มตัวอย่างครอบคลุมความหลากหลายของพื้นที่ภาคเหนือได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยจึงเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 500 คน ซึ่งเมื่อคำนวณย้อนกลับตามสูตรดังกล่าวจะมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยประมาณร้อยละ 4.47

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ประชาชนอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปที่อาศัยอยู่ในเขตองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของจังหวัดที่ได้รับการคัดเลือก และยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย จำนวน 500 คน การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งกลุ่มพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยแบ่งพื้นที่ภาคเหนือออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ภาคเหนือตอนบน จำนวน 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง จังหวัดน่าน ภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 5 จังหวัด จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิจิตร จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ การแบ่งกลุ่มดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมบริบททางสังคม เศรษฐกิจ และการปกครองที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่

ขั้นตอนที่ 2 การคัดเลือกจังหวัดตัวแทน ผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อคัดเลือกจังหวัดตัวแทนที่สามารถสะท้อนบริบททางสังคม เศรษฐกิจ การเมืองการปกครอง และลักษณะการบริหารงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ภาคเหนือได้อย่างครอบคลุม โดยพิจารณาจากขนาดประชากร ศักยภาพทางเศรษฐกิจ ลักษณะความเป็นเมืองและชนบท ตลอดจนความหลากหลายของบริบทการพัฒนาท้องถิ่น จังหวัดตัวแทนที่ได้รับการคัดเลือก จำนวนทั้งหมด 9 จังหวัด

ขั้นตอนที่ 3 การคัดเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภายหลังการคัดเลือกจังหวัดตัวแทน จำนวน 9 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง น่าน พิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยใช้วิธีการแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมบริบทของพื้นที่เมือง กึ่งเมือง และชนบท ซึ่งมีลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนแตกต่างกัน การแบ่งชั้นภูมิขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกำหนดเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) เทศบาลนครหรือเทศบาลเมือง 2) เทศบาลตำบล และ 3) องค์การบริหารส่วนตำบล

ผู้วิจัยคัดเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจากแต่ละจังหวัด โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ภายใต้เกณฑ์การพิจารณา คือ เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการพัฒนาท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง มีประชากรในพื้นที่เพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล มีลักษณะพื้นที่ที่สะท้อนบริบทเมือง กึ่งเมือง และชนบท มีความพร้อมในการประสานงานและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ เพื่อให้การศึกษาสามารถสะท้อนความแตกต่างของรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในบริบทที่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงกำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละจังหวัดประกอบด้วยเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบล อย่างน้อยจังหวัดละ 3 แห่ง รวมทั้งสิ้น 27 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ใช้เป็นพื้นที่ศึกษา

จังหวัด	เทศบาลเมือง/เทศบาลนคร	เทศบาลตำบล	องค์การบริหารส่วนตำบล
เชียงใหม่	เทศบาลนครเชียงใหม่	เทศบาลตำบลสุเทพ	อบต.สุเทพ
เชียงราย	เทศบาลนครเชียงราย	เทศบาลตำบลแม่สาย	อบต.รอบเวียง
ลำปาง	เทศบาลนครลำปาง	เทศบาลตำบลพิชัย	อบต.พิชัย

น่าน	เทศบาลเมืองน่าน	เทศบาลตำบลไชยสถาน	อบต.ไชยสถาน
พิษณุโลก	เทศบาลนครพิษณุโลก	เทศบาลตำบลหัวรอ	อบต.อรัญญิก
สุโขทัย	เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	เทศบาลตำบลบ้านสวน	อบต.บ้านกล้วย
พิจิตร	เทศบาลเมืองพิจิตร	เทศบาลตำบลท่าหลวง	อบต.ท่าหลวง
เพชรบูรณ์	เทศบาลเมืองเพชรบูรณ์	เทศบาลตำบลสะเดียง	อบต.สะเดียง
นครสวรรค์	เทศบาลนครนครสวรรค์	เทศบาลตำบลวัดไทร	อบต.นครสวรรค์ตก

รวมองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 27 แห่ง ประกอบด้วยเทศบาลเมืองหรือเทศบาลนคร จำนวน 9 แห่ง เทศบาลตำบล จำนวน 9 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 9 แห่ง

การคัดเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดังกล่าวนี้ ช่วยให้การวิจัยครอบคลุมบริบทการบริหารงานท้องถิ่นที่แตกต่างกันทั้งในพื้นที่เมือง พื้นที่กึ่งเมือง และพื้นที่ชนบท อันจะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับสามารถสะท้อนระดับและรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนได้อย่างรอบด้านและมีความน่าเชื่อถือทางวิชาการ

ขั้นตอนที่ 4 การสุ่มประชาชนผู้ให้ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกประชาชนผู้ให้ข้อมูลโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อให้ประชาชนทุกคนในพื้นที่ศึกษามีโอกาสได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างอย่างเท่าเทียมกัน (Yamane, 1973) ประชาชนผู้ให้ข้อมูลต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้ 1) มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ณ วันที่เก็บรวบรวมข้อมูล 2) มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ได้รับการคัดเลือก 3) อาศัยอยู่ในพื้นที่ติดต่อกันไม่น้อยกว่า 1 ปี 4) สามารถสื่อสารและตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง และ 5) สมัครใจและยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ในการดำเนินการสุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยประสานงานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ศึกษาเพื่อจัดทำกรอบประชากร จากทะเบียนบ้านหรือข้อมูลประชากรที่เป็นปัจจุบัน จากนั้นดำเนินการคัดเลือกประชาชนตามจำนวนที่กำหนดในแต่ละพื้นที่ โดยใช้วิธีการสุ่มด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กรณีที่ประชาชนที่ได้รับการคัดเลือกไม่สามารถให้ข้อมูลได้ หรือปฏิเสธการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะดำเนินการสุ่มรายชื่อสำรองจากกรอบประชากรเดียวกันเพื่อทดแทน โดยยึดหลักการสุ่มอย่างเท่าเทียมและเป็นอิสระจากผู้ตอบรายเดิม ทั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 500 คน และกระจายกลุ่มตัวอย่างตามประเภทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาลนครหรือเทศบาลเมือง จำนวน 150 คน เทศบาลตำบล จำนวน 150 คน และองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 200 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การกระจายกลุ่มตัวอย่างประชาชนตามประเภทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ประเภทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เทศบาลนคร/เทศบาลเมือง	150	30.00
เทศบาลตำบล	150	30.00
องค์การบริหารส่วนตำบล	200	40.00

รวม	**500**	**100.00**

จากนั้น ผู้วิจัยกระจายจำนวนกลุ่มตัวอย่างไปยังองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 27 แห่งตามสัดส่วนประชากรของแต่ละพื้นที่ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างสามารถเป็นตัวแทนของประชาชนในพื้นที่ภาคเหนือได้อย่างเหมาะสม และลดความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่าง ตามหลักการวิจัยเชิงสำรวจ (Creswell & Creswell, 2023)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระยะเวลาการอยู่อาศัย และสถานภาพการมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน

ตอนที่ 2 การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร จำนวน 3 ด้าน ๆ ละ 4 ข้อ รวมจำนวน 12 ข้อ

ตอนที่ 3 ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น จำนวน 3 ด้าน ๆ ละ 4 ข้อ รวมจำนวน 12 ข้อ

ตอนที่ 4 ความเข้มแข็งของชุมชน จำนวน 3 ด้าน ๆ ละ 4 ข้อ รวมจำนวน 12 ข้อ

ตอนที่ 5 ทุนทางสังคม จำนวน 3 ด้าน ๆ ละ 4 ข้อ รวมจำนวน 12 ข้อ

ตอนที่ 6 การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน จำนวน 5 ด้าน ๆ ละ 4 ข้อ รวมจำนวน 20 ข้อ

ข้อคำถามใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Five-Point Likert Scale) พัฒนาตามแนวคิดของ Likert (1932) เพื่อวัดระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

3.3 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม โดยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย นิยามเชิงปฏิบัติการ และองค์ประกอบของตัวแปรแต่ละด้าน ได้แก่ การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร

ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน ทุนทางสังคม และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

2. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Definition) ของตัวแปร และสร้างข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย กรอบแนวคิด และตัวชี้วัดของแต่ละตัวแปร โดยกำหนดลักษณะข้อคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3. จัดทำแบบสอบถามฉบับร่างและนำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านรัฐประศาสนศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารท้องถิ่น และผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยทางสังคมศาสตร์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรหรือไม่

4. นำผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลการตรวจสอบพบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้

5. ปรับปรุงและแก้ไขข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งในด้านความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา และความสอดคล้องกับตัวแปรที่ศึกษา เพื่อให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6. นำแบบสอบถามที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับประชาชนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจริง เพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้ตอบแบบสอบถามและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

7. วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามโดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินความสอดคล้องภายในของข้อคำถาม (Internal Consistency Reliability) โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .76 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม พบว่า การรับรู้ข้อมูลข่าวสารมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .87 ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น เท่ากับ .89 ความเข้มแข็งของชุมชน เท่ากับ .85 ทุนทางสังคม เท่ากับ .88 และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน เท่ากับ .91 โดยแบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงได้ (Cronbach, 1951; Hair et al., 2022)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามระหว่างเดือน มกราคม 2569 ถึง พฤษภาคม 2569

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ใช้สถิติค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) การวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรการวิจัย ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation) การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) และการพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ใช้ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร่วมกับการสังเคราะห์เชิงทฤษฎี เพื่อนำเสนอเป็นรูปแบบเชิงแนวคิด (Conceptual Model)

3.6 เกณฑ์การแปลผลข้อมูล

1) การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Five-Point Likert Scale) ตามแนวคิดของ Likert (1932) โดยกำหนดคะแนนตั้งแต่ 1–5 คะแนน และแปลผลค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการแบ่งอันตรภาคชั้น (Class Interval) ตามแนวคิดของบุญชม ศรีสะอาด (2560) ดังนี้

$$\text{อันตรภาคชั้น} = \frac{\text{จำนวนชั้นคะแนนสูงสุด–คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$= \frac{5-1}{5} = 0.80$$

ดังนั้น จึงกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึง เห็นด้วยมาก

ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81–2.60 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

2) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient) และแปลผลระดับความสัมพันธ์ตามเกณฑ์ของ Hinkle, Wiersma และ Jurs (2003) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.81–1.00 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.61–0.80 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับสูง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.41–0.60 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.21–0.40 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง 0.00–0.20 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก

โดยพิจารณาทิศทางของความสัมพันธ์จากเครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมายลบ (–)

3) การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยพิจารณาค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ที่ระดับ .05 หากค่า Sig. น้อยกว่า .05 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

4) การพิจารณาระดับอิทธิพลใช้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (Standardized Coefficient: Beta) โดยตัวแปรที่มีค่า Beta สูงกว่าจะมีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนมากกว่าตัวแปรที่มีค่า Beta ต่ำกว่า (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

5) การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ใช้การสังเคราะห์ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมและแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาและนำเสนอรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนที่เหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

3.7 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยครั้งนี้ยึดหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และสิทธิของผู้ให้ข้อมูลก่อนตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถปฏิเสธหรือยุติการตอบได้ทุกเวลาโดยไม่เกิดผลกระทบใด ๆ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 500)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	238	47.60
หญิง	262	52.40
อายุ		
18–30 ปี	82	16.40
31–40 ปี	116	23.20
41–50 ปี	138	27.60
51–60 ปี	104	20.80
มากกว่า 60 ปี	60	12.00
ระดับการศึกษา		

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ประถมศึกษา	78	15.60
มัธยมศึกษา/ปวช.	152	30.40
อนุปริญญา/ปวส.	95	19.00
ปริญญาตรี	139	27.80
สูงกว่าปริญญาตรี	36	7.20
อาชีพ		
เกษตรกรรม	155	31.00
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	97	19.40
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	65	13.00
พนักงานเอกชน	88	17.60
อื่น ๆ	95	19.00
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
ต่ำกว่า 10,000 บาท	98	19.60
10,001–20,000 บาท	175	35.00
20,001–30,000 บาท	121	24.20
มากกว่า 30,000 บาท	106	21.20
ระยะเวลาการอยู่อาศัยในพื้นที่		
ต่ำกว่า 5 ปี	55	11.00
5–10 ปี	97	19.40
11–20 ปี	143	28.60
มากกว่า 20 ปี	205	41.00
การมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน		
เป็นประจำ	148	29.60
เป็นบางครั้ง	267	53.40
ไม่ค่อยเข้าร่วม	85	17.00
รวม	**500**	**100.00**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 262 คน คิดเป็นร้อยละ 52.40 มีอายุระหว่าง 41–50 ปี มากที่สุด จำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 27.60 ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือ ปวช. จำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 30.40 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม จำนวน 155

คน คิดเป็นร้อยละ 31.00 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001–20,000 บาท จำนวน 175 คน คิดเป็นร้อยละ 35.00 อาศัยอยู่ในพื้นที่มากกว่า 20 ปี จำนวน 205 คน คิดเป็นร้อยละ 41.00 และมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชนเป็นบางครั้ง จำนวน 267 คน คิดเป็นร้อยละ 53.40

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการมีส่วนร่วมของประชาชน

การมีส่วนร่วมของประชาชน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
การร่วมคิด	4.18	0.61	มาก
การร่วมตัดสินใจ	4.10	0.65	มาก
การร่วมดำเนินการ	4.20	0.58	มาก
การร่วมรับผลประโยชน์	4.12	0.67	มาก
การร่วมติดตามประเมินผล	4.05	0.70	มาก
เฉลี่ยรวม	**4.14**	**0.55**	**มาก**

จากตารางที่ 4 พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.14, S.D. = 0.55) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการร่วมดำเนินการมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.58) รองลงมา ได้แก่ การร่วมคิด ($\bar{x}$ = 4.18, S.D. = 0.61) และการร่วมรับผลประโยชน์ ($\bar{x}$ = 4.12, S.D. = 0.67) ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ศึกษาระดับการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำ ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำ ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม

ตัวแปร	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร	4.08	0.62	มาก
ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น	4.15	0.59	มาก
ความเข้มแข็งของชุมชน	4.11	0.60	มาก
ทุนทางสังคม	4.20	0.57	มาก
เฉลี่ยรวม	**4.14**	**0.48**	**มาก**

จากตารางที่ 5 พบว่า ตัวแปรอิสระทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยทุนทางสังคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.57) รองลงมา ได้แก่ ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ($\bar{x}$ = 4.15, S.D. = 0.59)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคมกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างตัวแปร

ตัวแปร	Y
X1 การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร	.612**
X2 ภาวะผู้นำผู้บริหารท้องถิ่น	.674**
X3 ความเข้มแข็งของชุมชน	.721**
X4 ทุนทางสังคม	.755**

**p < .01

จากตารางที่ 6 พบว่า การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยทุนทางสังคมมีความสัมพันธ์สูงสุด (r = .755)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 ศึกษาอิทธิพลของการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคมที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ตัวแปรพยากรณ์	B	Beta (β)	t	Sig.	VIF*	ลำดับอิทธิพล
การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร (X1)	.184	.212	4.212	< .001	3.847	4
ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น (X2)	.223	.268	5.345	< .001	3.817	3
ความเข้มแข็งของชุมชน (X3)	.256	.301	6.112	< .001	3.683	2
ทุนทางสังคม (X4)	.281	.336	6.854	< .001	3.649	1

สถิติของแบบจำลอง: R=.821, R^2=.674, Adjusted R^2=.671, F(4,495)=255.73, p<.001, n=500

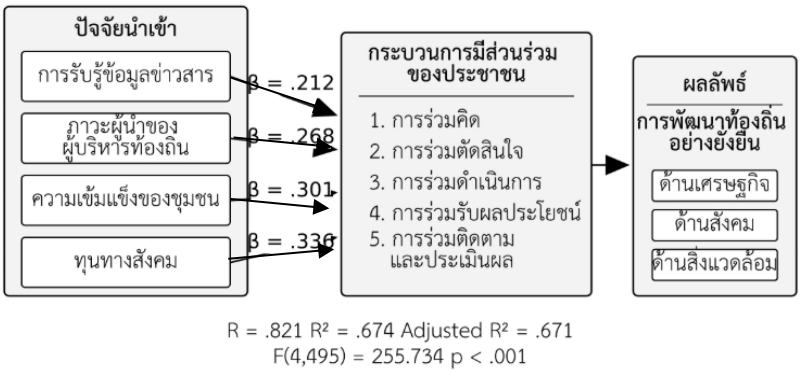
จากตารางที่ 7 พบว่า แบบจำลองการถดถอยพหุคูณมีนัยสำคัญทางสถิติ F(4,495)=255.734, p<.001 โดยตัวแปรพยากรณ์ทั้ง 4 ตัวสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนได้ร้อยละ 67.40 (R^2=.674) และเมื่อปรับแก้ตามจำนวนตัวแปรพยากรณ์แล้วสามารถอธิบายได้ร้อยละ 67.10 (Adjusted R^2=.671) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรเป็นรายด้าน พบว่า ตัวแปรทุกตัวส่งผลทางบวกต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยทุนทางสังคมมีอิทธิพลสูงที่สุด (β=.336, t=6.854, p<.001) รองลงมา ได้แก่ ความเข้มแข็งของชุมชน (β=.301,

t=6.112, p<.001) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น (β=.268, t=5.345, p<.001) และการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร (β=.212, t=4.212, p<.001) ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 พัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนที่เหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

จากผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็น ความสัมพันธ์ และอิทธิพลของตัวแปรที่ศึกษา พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนสามารถอธิบายได้ด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่ (1) การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร (2) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น (3) ความเข้มแข็งของชุมชน และ (4) ทุนทางสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรทั้ง 4 ด้านสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนได้ร้อยละ 67.40 (R^2 = .674) โดยทุนทางสังคมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ความเข้มแข็งของชุมชน ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น และการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการสร้างความไว้วางใจ ความร่วมมือ และเครือข่ายทางสังคมภายในชุมชน เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมสาธารณะ และการพัฒนาท้องถิ่น จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เป็นรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน (Sustainable Local Participation Model: SLPM) โดยกำหนดให้การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม เป็นปัจจัยนำเข้า (Input Factors) ที่ส่งผลต่อกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งประกอบด้วย การร่วมคิด การร่วมตัดสินใจ การร่วมดำเนินการ การร่วมรับผลประโยชน์ และการร่วมติดตามประเมินผล เมื่อประชาชนมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องและมีคุณภาพ จะก่อให้เกิดผลลัพธ์ (Output) คือ การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนใน 3 มิติ ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม โดยสะท้อนผ่านการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การสร้างความเข้มแข็งของชุมชน การลดความขัดแย้ง การเพิ่มความโปร่งใสในการบริหารงานท้องถิ่น และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ ดังนั้น รูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนที่เหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น ความเข้มแข็งของชุมชน และทุนทางสังคม ซึ่งร่วมกันส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน และนำไปสู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนในระยะยาว ดังแสดงในแผนภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนสู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ภาคเหนือ

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ภาคเหนือได้เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ ร่วมดำเนินการ และร่วมติดตามประเมินผลมากขึ้น ส่งผลให้ประชาชนเกิดความตระหนักถึงบทบาทและความรับผิดชอบต่อการพัฒนาชุมชนของตนเอง ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen และ Uphoff (1980) ที่เสนอว่าการมีส่วนร่วมควรเกิดขึ้นตลอดกระบวนการพัฒนา และสอดคล้องกับทฤษฎีบันไดการมีส่วนร่วมของ Arnstein (1969) ที่มองว่าการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีบทบาทในการตัดสินใจจะนำไปสู่การพัฒนาที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จีรนันท์ ดำเนินงาม และอภิชาติ พานสุวรรณ (2566) ที่พบว่าประชาชนที่ได้รับโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะมีระดับการมีส่วนร่วมในการพัฒนาท้องถิ่นอยู่ในระดับสูง รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hao (2022) ที่พบว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำกับดูแลภาครัฐและสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืน

5.2 ผลการวิจัยพบว่าการรับรู้ข้อมูลข่าวสารมีความสัมพันธ์ทางบวกและมีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าประชาชนที่ได้รับข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้อง ครบถ้วน และทันเวลา จะสามารถเข้าใจนโยบาย โครงการ และกิจกรรมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้ดียิ่งขึ้น จึงเกิดความพร้อมในการเข้ามามีส่วนร่วม ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ World Bank (2014) ที่ระบุว่าการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเป็นพื้นฐานสำคัญของการมีส่วนร่วมของประชาชน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จีรนันท์ ดำเนินงาม และอภิชาติ พานสุวรรณ (2566) ที่พบว่าการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าความโปร่งใสของข้อมูลภาครัฐช่วยเพิ่มความไว้วางใจและการมีส่วนร่วมของประชาชนในกิจกรรมสาธารณะ

5.3 ผลการวิจัยพบว่าภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่นมีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผู้นำที่มีวิสัยทัศน์ เปิดรับฟังความคิดเห็น และสามารถสื่อสารกับประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยสร้างความเชื่อมั่นและกระตุ้นให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาท้องถิ่น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด New Public Service ของ Denhardt และ Denhardt (2022) ที่เสนอว่าผู้บริหารภาครัฐควรทำหน้าที่เป็นผู้ประสานความร่วมมือระหว่างภาครัฐและประชาชน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ถวิลวดี บุรีกุล (2551) ที่พบว่าผู้นำท้องถิ่นที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมสามารถเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนได้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Nabatchi และ Leighninger (2023) ที่พบว่าภาวะผู้นำเชิงมีส่วนร่วมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับท้องถิ่น

5.4 ผลการวิจัยพบว่าความเข้มแข็งของชุมชนมีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าชุมชนที่มีความสามัคคี มีการรวมกลุ่ม และสามารถพึ่งพาตนเองได้ จะเอื้อต่อการระดมทรัพยากรและความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมสาธารณะ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ ประเวศ วะสี (2557) ที่มองว่าชุมชนเข้มแข็งเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาท้องถิ่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพัตรา ศรีสุข และคณะ (2565) ที่พบว่าความเข้มแข็งของชุมชนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมในการพัฒนาท้องถิ่น และสอดคล้องกับรายงานของ United Nations (2023) ที่ระบุว่าชุมชนเข้มแข็งเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

5.5 ผลการวิจัยพบว่าทุนทางสังคมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าความไว้วางใจ เครือข่ายความสัมพันธ์ และความร่วมมือของสมาชิกในชุมชน ช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูล การช่วยเหลือเกื้อกูล และการดำเนินกิจกรรมสาธารณะร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีทุนทางสังคมของ Putnam (1993) และแนวคิดของ Fukuyama (1995) ที่มองว่าความไว้วางใจเป็นรากฐานสำคัญของความร่วมมือทางสังคม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประเวศ วะสี (2557) ที่พบว่าทุนทางสังคมช่วยเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนและการพัฒนาท้องถิ่น รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของพลอย สืบวิเศษ (2561) ที่พบว่าทุนทางสังคมมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความร่วมมือของประชาชนและความยั่งยืนของการพัฒนาชุมชน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลข่าวสารให้ถูกต้อง รวดเร็ว และเข้าถึงประชาชนทุกกลุ่ม โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์เป็นช่องทางสำคัญในการเผยแพร่ข้อมูล

1.2 ผู้บริหารท้องถิ่นควรส่งเสริมภาวะผู้นำแบบมีส่วนร่วม เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวางแผน ตัดสินใจ ดำเนินงาน และติดตามประเมินผลการพัฒนาท้องถิ่น

1.3 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรสนับสนุนกิจกรรมเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน เช่น การพัฒนาผู้นำชุมชน การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ และการส่งเสริมการพึ่งพาตนเองของชุมชน

1.4 ควรส่งเสริมการสร้างทุนทางสังคม โดยพัฒนาความไว้วางใจ ความร่วมมือ และเครือข่ายความสัมพันธ์ระหว่างภาคประชาชน ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน

1.5 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรนำรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน (SLPM) ไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดนโยบาย แผนงาน และโครงการพัฒนา เพื่อยกระดับการมีส่วนร่วมและสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมที่อาจส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน เช่น ธรรมาภิบาลดิจิทัล ความโปร่งใส นวัตกรรมภาครัฐ และความเชื่อมั่นต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

2.2 ควรขยายพื้นที่ศึกษาไปยังภูมิภาคอื่นของประเทศ เพื่อเปรียบเทียบบริบทและรูปแบบการมีส่วนร่วมที่แตกต่างกัน

2.3 ควรใช้การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) โดยเพิ่มการสัมภาษณ์เชิงลึก หรือการสนทนากลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้น

2.4 ควรศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรด้วยแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อยืนยันความสอดคล้องของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

2.5 ควรดำเนินการศึกษาติดตามผลระยะยาว (Longitudinal Study) เพื่อประเมินผลกระทบของการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อความยั่งยืนของการพัฒนาท้องถิ่นในมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

6. เอกสารอ้างอิง

จีรนันท์ ดำเนินงาม, และอภิชาติ พานสุวรรณ. (2566). การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาท้องถิ่น ตำบลภูเขาทอง อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารสหวิทยาการนวัตกรรมปริทรรศน์, 6(3), 1–11. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jidir/article/view/265352

ถวิลวดี บุรีกุล. (2551). ระบบการบริหารราชการแบบมีส่วนร่วมระดับจังหวัด: ทำอย่างไรให้เป็นจริง. สำนักวิจัยและพัฒนา สถาบันพระปกเกล้า.

นงนุช ศรีสุข, และเบญญาดา กระจ่างแจ้ง. (2565). การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการชุมชนเข้มแข็งตามแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงชุมชนต้นแบบบ้านคลองอาราง จังหวัดสระแก้ว. วารสารวิจัยรำไพพรรณี, 16(1), 97–105. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RRBR/article/view/258655

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

ประเวศ วะสี. (2557). พลังขับเคลื่อนการจัดการตนเองบนแผ่นดินไทย. หมอชาวบ้าน.

พลอย สืบวิเศษ. (2561). ทุนทางสังคม การพัฒนาที่ยั่งยืน และนัยสำคัญต่อการปฏิรูประบบราชการในประเทศไทย. วารสารการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน, 25(1), 205–232. https://nida.ac.th/research/ทุนทางสังคม-การพัฒนาที่ยั่งยืน/

สำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้ง. (2569). ข้อมูลจำนวนผู้มีสิทธิเลือกตั้งรายเขต ระดับจังหวัด. https://www.ect.go.th/web-upload/1xff0d34e409a13ef56eea54c52a291126/202601/m_news/2359/7817/file_download/52f0ef98d4c786fdc5ffbeca660f64e9.pdf

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 พ.ศ. 2566–2570. https://www.nesdc.go.th/the-national-economic-and-social-development-plan/the-thirteenth-plan-2023-2027/

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. Journal of the American Institute of Planners, 35(4), 216–224. https://doi.org/10.1080/01944366908977225

Cohen, J. M., & Uphoff, N. T. (1980). Participation's place in rural development: Seeking clarity through specificity. World Development, 8(3), 213–235. https://doi.org/10.1016/0305-750X(80)90011-X

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (6th ed.). SAGE Publications.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, 16(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Denhardt, J. V., & Denhardt, R. B. (2015). The new public service: Serving, not steering (4th ed.). Routledge.

Fukuyama, F. (1995). Trust: The social virtues and the creation of prosperity. Free Press.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (3rd ed.). SAGE Publications.

Hao, C., Nyaranga, M. S., & Hongo, D. O. (2022). Enhancing public participation in governance for sustainable development: Evidence from Bungoma County, Kenya. SAGE Open, 12(1). https://doi.org/10.1177/21582440221088855

Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (2003). Applied statistics for the behavioral sciences (5th ed.). Houghton Mifflin.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology, 22(140), 1–55.

Nabatchi, T., & Leighninger, M. (2015). Public participation for 21st century democracy. Jossey-Bass. https://doi.org/10.1002/9781119154815

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). Making decentralisation work: A handbook for policy-makers. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/g2g9faa7-en

Putnam, R. D., Leonardi, R., & Nanetti, R. Y. (1993). Making democracy work: Civic traditions in modern Italy. Princeton University Press.

United Nations. (2023). The Sustainable Development Goals report 2023: Special edition. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/

United Nations. (2024). The Sustainable Development Goals report 2024. https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/

United Nations Development Programme. (1997). Governance for sustainable human development: A UNDP policy document.

United Nations Human Settlements Programme. (2022). World cities report 2022: Envisaging the future of cities. https://unhabitat.org/world-cities-report-2022-envisaging-the-future-of-cities

World Bank Group. (2014). Strategic framework for mainstreaming citizen engagement in World Bank Group operations. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/7da5be74-e363-5d09-84eb-7517a3828dc8

World Commission on Environment and Development. (1987). Our common future. Oxford University Press.

Yamane, T. (1973). Statistics: An introductory analysis (3rd ed.). Harper & Row.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะประเทศไทย

นพรัตน์ ทับทิมศรีบุรินท์[1*] และกฤษณ์ ภูรีพงศ์[2]

[1*,2]สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

*E-mail: namo15095@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0819623327

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะและระดับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการและความโปร่งใสและธรรมาภิบาลกับประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะ 3) วิเคราะห์ปัจจัยที่สามารถพยากรณ์ประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะ และ 4) สังเคราะห์แนวทางการพัฒนาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้มีสิทธิเลือกตั้งที่เคยรับบริการสาธารณะจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 400 คน จากจังหวัดตัวแทน 4 ภูมิภาค ได้แก่ พิษณุโลก ขอนแก่น พระนครศรีอยุธยา และสุราษฎร์ธานี ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และการถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าสมการพร้อมกัน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.47) และปัจจัยที่ศึกษาทั้ง 5 ด้านอยู่ในระดับมาก ทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง .664–.781 ($p < .01$) ปัจจัยทั้ง 5 ด้านสามารถร่วมกันพยากรณ์ประสิทธิผลได้ร้อยละ 71.60 ปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงที่สุดคือความโปร่งใสและธรรมาภิบาล (β = .324) รองลงมา ได้แก่ การมีส่วนร่วมของประชาชน (β = .287) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร (β = .231) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น (β = .186) และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ (β = .151) ตามลำดับ ผลการวิจัยนำไปสู่การสังเคราะห์แนวทาง LEAD-G ประกอบด้วย ภาวะผู้นำ การบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ความรับผิดชอบและธรรมาภิบาล รัฐบาลดิจิทัล และการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งนี้ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรให้ความสำคัญเป็นลำดับแรกกับการเปิดเผยข้อมูล การตรวจสอบได้ และการมีส่วนร่วมของประชาชนเพื่อยกระดับคุณภาพ ความรวดเร็ว ความทั่วถึง ความเป็นธรรม และความพึงพอใจต่อบริการสาธารณะ

คำสำคัญ: ประสิทธิผลองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, การจัดบริการสาธารณะ, ความโปร่งใสและธรรมาภิบาล, การมีส่วนร่วมของประชาชน, รัฐบาลดิจิทัล

ABSTRACT

This study aimed to: 1) examine the level of effectiveness of local administrative organizations in public service delivery and the levels of the related factors; 2) investigate the relationships between organizational management quality, local executive leadership, citizen participation, the use of digital technology in service delivery, transparency and good governance, and the effectiveness of public service delivery; 3) analyze the factors predicting the effectiveness of public service delivery; and 4) synthesize guidelines for improving the effectiveness of local administrative organizations. This quantitative study involved 400 eligible voters who had received public services from local administrative organizations in four provinces representing the four regions of Thailand: Phitsanulok, Khon Kaen, Phra Nakhon Si Ayutthaya, and Surat Thani. The participants were selected through multistage sampling. Data were collected using a questionnaire and analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and simultaneous multiple regression analysis. The findings revealed that the overall effectiveness of public service delivery was at a high level ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.47), and all five related factors were also at a high level. All factors were positively and significantly correlated with the effectiveness of public service delivery, with correlation coefficients ranging from .664 to .781 ($p < .01$). Collectively, the five factors explained 71.60% of the variance in public service delivery effectiveness. Transparency and good governance were the strongest predictors (β = .324), followed by citizen participation (β = .287), organizational management quality (β = .231), local executive leadership (β = .186), and the use of digital technology in service delivery (β = .151), respectively. The findings led to the synthesis of the LEAD-G framework, comprising Leadership, Efficiency Management, Accountability and Good Governance, Digital Government, and Good Citizen Participation. Local administrative organizations should prioritize information disclosure, accountability, auditability, and citizen participation to improve the quality, timeliness, accessibility, equity, responsiveness, and citizen satisfaction of public service delivery.

Keywords: Local Administrative Organization Effectiveness; Public Service Delivery; Good Governance; Citizen Participation; Digital Government

1. บทนำ

การจัดบริการสาธารณะเป็นภารกิจสำคัญขององค์กรภาครัฐในการตอบสนองความต้องการของประชาชนและสามารถยกระดับคุณภาพชีวิตของสังคม โดยองค์การสหประชาชาติ ได้กำหนดให้การพัฒนาสถาบันภาครัฐที่มีประสิทธิภาพ โปร่งใส และตรวจสอบได้ เป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน (United Nations, 2024) ซึ่งในระดับนานาชาติ มีการศึกษาพบว่าคุณภาพการบริการ ความโปร่งใสขององค์กร และการมีส่วนร่วมของประชาชน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Gonzales & Rivera, 2025) นอกจากนี้ Deeod and Kiettikunwong (2026) พบว่า การเปิดเผยข้อมูลข่าวสารและความไว้วางใจของประชาชนส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับประเทศไทย การกระจายอำนาจตามพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจ พ.ศ. 2542 ส่งผลให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีบทบาทสำคัญในการจัดบริการสาธารณะทั้งด้านโครงสร้างพื้นฐาน การศึกษา การสาธารณสุข และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2567) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการกระจายอำนาจจะดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังพบข้อจำกัดด้านงบประมาณ บุคลากร และประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการสาธารณะในหลายพื้นที่ (สำนักงานคณะกรรมการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, 2566)

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทใกล้ชิดประชาชนและรับผิดชอบการจัดบริการสาธารณะอย่างน้อย 5 ด้านสำคัญ ได้แก่ ด้านการศึกษา ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ด้านสังคมและสาธารณสุข ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการบริหารจัดการ โดยมีโครงการสำคัญ เช่น อาหารกลางวัน และนมโรงเรียน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก การก่อสร้างและซ่อมแซมถนน ระบบประปาหมู่บ้านและแหล่งกักเก็บน้ำเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุและคนพิการ การพัฒนาสถานีอนามัยที่ถ่ายโอน การจัดการขยะและไฟป่า การติดตั้งกล้องวงจรปิด และการพัฒนาระบบบริการดิจิทัล (สำนักงบประมาณ, 2566) สำหรับปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 มีการกำหนดงบประมาณรายจ่ายในหมวดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 202,613.7 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 5.36 ของงบประมาณรายจ่ายประเทศ พร้อมทั้งจัดสรรรายได้ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 389,727.2 ล้านบาท ส่งผลให้ประมาณการรายได้ท้องถิ่นที่นำมาคิดสัดส่วนรวมทั้งสิ้น 859,479.4 ล้านบาท หรือร้อยละ 29.43 ของรายได้สุทธิของรัฐบาลที่ไม่รวมเงินกู้ (สำนักงบประมาณ, 2568) อย่างไรก็ตาม ขนาดงบประมาณและจำนวนโครงการมิได้สะท้อนประสิทธิผลของบริการโดยอัตโนมัติ ประเด็นสำคัญจึงอยู่ที่ความสามารถในการเปลี่ยนทรัพยากรดังกล่าวให้เป็นบริการที่มีคุณภาพ รวดเร็ว ทั่วถึง เป็นธรรม โปร่งใส และตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน การอธิบายประสิทธิผลดังกล่าวจำเป็นต้องบูรณาการแนวคิดการบริหารภาครัฐแนวใหม่ ทฤษฎีภาวะผู้นำเชิงเปลี่ยนแปลง แนวคิดธรรมาภิบาล ทฤษฎีการมีส่วนร่วมของประชาชน แนวคิดรัฐบาลดิจิทัล แนวคิดการบริการสาธารณะแนวใหม่ และทฤษฎีประสิทธิผลขององค์การ

(OECD, 2020) เพื่อพิจารณาว่าคุณภาพการบริหารจัดการ ภาวะผู้นำ การมีส่วนร่วมของประชาชน เทคโนโลยีดิจิทัล ตลอดจนความโปร่งใส และธรรมาภิบาล สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของประชาชนได้มากน้อยเพียงใด

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาเฉพาะด้านคุณภาพบริการหรือความพึงพอใจของประชาชน แต่ยังขาดการศึกษาเชิงบูรณาการเกี่ยวกับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะที่ครอบคลุมมิติด้านคุณภาพบริการ ความโปร่งใส การเข้าถึงบริการ การตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน และความพึงพอใจของผู้รับบริการ (Suphattanakul, 2014; Deeod & Kiettikunwong, 2026)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ เพื่อสร้างองค์ความรู้เชิงประจักษ์และเสนอแนวทางพัฒนาการจัดบริการสาธารณะให้มีประสิทธิผลและสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนมากยิ่งขึ้น

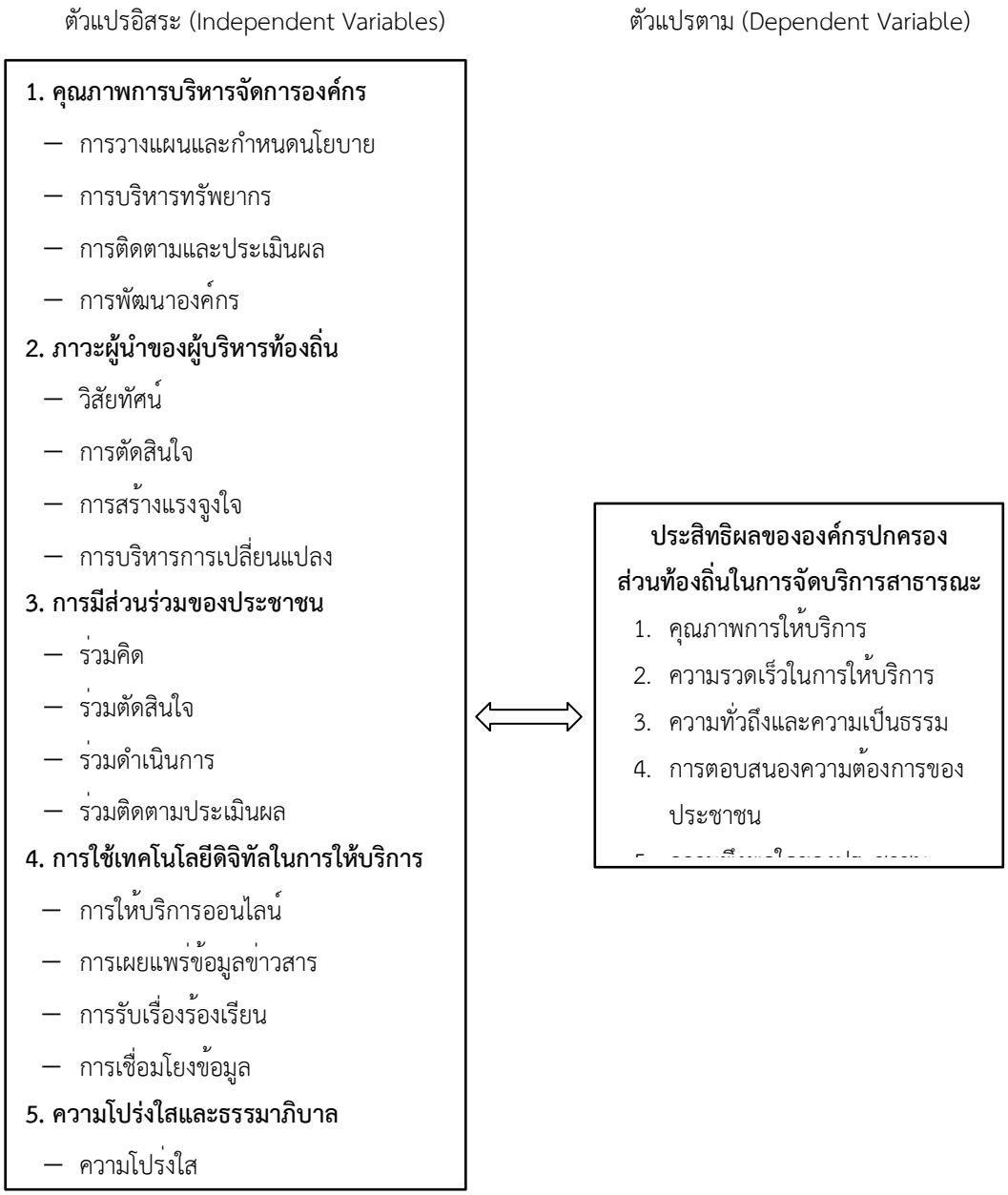
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ
2. เพื่อศึกษาระดับคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใส และธรรมาภิบาล กับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ
4. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ
5. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ

สมมติฐานการวิจัย

1. คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น 5 ตัว ได้แก่ 1) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร 2) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น 3) การมีส่วนร่วมของประชาชน 4) การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และ 5) ความโปร่งใสและธรรมาภิบาล กับตัวแปรตาม คือ ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ โดยประเมินจากคุณภาพการให้บริการ ความรวดเร็วในการให้บริการ ความทั่วถึงและความเป็นธรรม การตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน และความพึงพอใจของประชาชน กรอบแนวคิดดังกล่าวตั้งอยู่บนข้อสันนิษฐานว่า องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีระบบบริหารจัดการที่มีคุณภาพ มีผู้บริหารที่สามารถกำหนดวิสัยทัศน์และขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลง เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และดำเนินงานอย่างโปร่งใสตามหลักธรรมาภิบาล ย่อมมีแนวโน้มจัดบริการสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น ทั้งนี้ กรอบแนวคิดมุ่งศึกษาความสัมพันธ์และอำนาจการพยากรณ์ของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม มิได้มุ่งยืนยันความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลโดยสมบูรณ์

2.2 แนวคิดการบริหารภาครัฐแนวใหม่กับคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร

แนวคิดการบริหารภาครัฐแนวใหม่ (New Public Management: NPM) ให้ความสำคัญกับการบริหารงานภาครัฐที่มุ่งผลสัมฤทธิ์ การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัดที่ชัดเจน การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดขั้นตอนการปฏิบัติงาน และการให้ความสำคัญกับประชาชนผู้รับบริการ (Hood, 1991) ขณะที่ Osborne และ Gaebler (1992) เสนอว่าหน่วยงานภาครัฐควรปรับบทบาทจากการเป็นผู้ดำเนินงานเพียงฝ่ายเดียวไปสู่การเป็นผู้กำกับ สนับสนุน และประสานความร่วมมือกับภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินงานมีความคล่องตัวและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง

แนวคิดดังกล่าวเชื่อมโยงกับตัวแปรคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ซึ่งครอบคลุมการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ การบริหารทรัพยากรและงบประมาณ การประสานงานระหว่างหน่วยงาน การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน ตลอดจนการติดตามและประเมินผล องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีระบบบริหารจัดการที่ชัดเจนและมุ่งผลสัมฤทธิ์จะสามารถลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการ ใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า และแก้ไขปัญหาของประชาชนได้ตรงประเด็น จึงคาดว่าคุณภาพการบริหารจัดการองค์กรจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและสามารถพยากรณ์ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะได้

2.3 ทฤษฎีภาวะผู้นำเชิงเปลี่ยนแปลงกับภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น

ทฤษฎีภาวะผู้นำเชิงเปลี่ยนแปลง (Transformational Leadership Theory) อธิบายว่า ผู้นำที่มีประสิทธิผลต้องสามารถกำหนดวิสัยทัศน์ สร้างแรงบันดาลใจ กระตุ้นให้บุคลากรคิดค้นวิธีการทำงานใหม่ และให้ความสำคัญกับความต้องการและศักยภาพของบุคลากรแต่ละคน โดยองค์ประกอบสำคัญประกอบด้วยการมี

อิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ การสร้างแรงบันดาลใจ การกระตุ้นทางปัญญา และการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล (Bass & Avolio, 1994)

ในบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้บริหารท้องถิ่นมีบทบาทในการกำหนดนโยบาย จัดลำดับความสำคัญของปัญหา บริหารงบประมาณ ประสานความร่วมมือกับหน่วยงานและประชาชน ตลอดจนขับเคลื่อนนวัตกรรมการบริการ ผู้นำที่มีวิสัยทัศน์ กล้าตัดสินใจ รับฟังความคิดเห็น และสามารถสร้างความร่วมมือภายในองค์กร จะช่วยให้บุคลากรปฏิบัติงานไปในทิศทางเดียวกันและตอบสนองต่อปัญหาของประชาชนได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่นจึงคาดว่าจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและสามารถพยากรณ์ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะได้

2.4 ทฤษฎีการมีส่วนร่วมของประชาชนกับการมีส่วนร่วมในการจัดบริการสาธารณะ

Cohen และ Uphoff (1980) อธิบายว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนประกอบด้วยการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การดำเนินงาน การรับผลประโยชน์ และการติดตามประเมินผล ขณะที่ Arnstein (1969) เสนอแนวคิดบันไดการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งแสดงระดับการมีส่วนร่วมตั้งแต่การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร การให้คำปรึกษา การเป็นหุ้นส่วน ไปจนถึงการมีอำนาจในการตัดสินใจอย่างแท้จริง แนวคิดดังกล่าวชี้ว่า การมีส่วนร่วมที่มีคุณภาพมิใช่เพียงการแจ้งข้อมูลให้ประชาชนทราบ แต่ต้องเปิดโอกาสให้ประชาชนมีอิทธิพลต่อการกำหนดนโยบายและการดำเนินโครงการสาธารณะด้วย

การมีส่วนร่วมของประชาชนในงานวิจัยนี้ครอบคลุมการร่วมเสนอปัญหาและความต้องการ การร่วมจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่น การร่วมตัดสินใจ การร่วมดำเนินกิจกรรม และการร่วมติดตามตรวจสอบผลการดำเนินงาน การเปิดพื้นที่ให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทช่วยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้รับข้อมูลที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาจริง ลดความคลาดเคลื่อนในการกำหนดโครงการ และสร้างความยอมรับต่อการดำเนินงาน จึงคาดว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและสามารถพยากรณ์ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะได้

2.5 แนวคิดรัฐบาลดิจิทัลกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ

แนวคิดรัฐบาลดิจิทัล (Digital Government) มุ่งใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ข้อมูล และแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานและการให้บริการภาครัฐให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใส เชื่อมโยงกัน และยึดประชาชนเป็นศูนย์กลาง องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาระบุว่ารัฐบาลดิจิทัลมิได้หมายถึงการนำบริการเดิมขึ้นระบบออนไลน์เท่านั้น แต่รวมถึงการออกแบบบริการใหม่โดยใช้ข้อมูลและความต้องการของประชาชนเป็นฐาน (OECD, 2020) สอดคล้องกับแผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย พ.ศ. 2566–2570 ที่มุ่งพัฒนาบริการภาครัฐให้สะดวก รวดเร็ว เข้าถึงได้ และเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหน่วยงาน (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล [องค์การมหาชน], 2566)

ตัวแปรการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการครอบคลุมการให้บริการผ่านเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน การรับคำร้องและข้อร้องเรียนทางอิเล็กทรอนิกส์ การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านช่องทางดิจิทัล

การเชื่อมโยงฐานข้อมูล และการติดตามสถานะการให้บริการ เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยลดขั้นตอน ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายของประชาชน รวมทั้งเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิผลของเทคโนโลยียังขึ้นอยู่กับความพร้อมของระบบ ทักษะของบุคลากร และความสามารถในการเข้าถึงบริการของประชาชน ดังนั้น การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเหมาะสมจึงคาดว่าจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและสามารถพยากรณ์ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะได้

2.6 แนวคิดธรรมาภิบาลกับความโปร่งใสและธรรมาภิบาล

แนวคิดธรรมาภิบาล (Good Governance) ให้ความสำคัญกับการบริหารงานภาครัฐที่ยึดหลักนิติธรรม ความโปร่งใส ความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วม ความเสมอภาค ประสิทธิภาพ และการตอบสนองต่อประชาชน (World Bank, 1992; United Nations Development Programme [UNDP], 1997) ความโปร่งใสทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับงบประมาณ โครงการ การจัดซื้อจัดจ้าง และผลการดำเนินงาน ขณะที่ความรับผิดชอบทำให้ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ต้องอธิบายเหตุผลของการตัดสินใจและยอมรับการตรวจสอบจากประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรความโปร่งใสและธรรมาภิบาลในงานวิจัยนี้ครอบคลุมการเปิดเผยข้อมูลสาธารณะ การปฏิบัติงานตามกฎหมายและระเบียบ การใช้จ่ายงบประมาณอย่างคุ้มค่า การมีช่องทางรับเรื่องร้องเรียน การตรวจสอบการดำเนินงาน และความรับผิดชอบต่อผลการตัดสินใจ การบริหารงานตามหลักธรรมาภิบาลช่วยลดการใช้ดุลพินิจที่ไม่เหมาะสม ป้องกันการทุจริต สร้างความเชื่อมั่น และทำให้ทรัพยากรถูกนำไปใช้เพื่อประโยชน์สาธารณะอย่างแท้จริง จึงคาดว่าความโปร่งใสและธรรมาภิบาลจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและสามารถพยากรณ์ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะได้

2.7 ทฤษฎีประสิทธิผลขององค์การและแนวคิดการบริการสาธารณะแนวใหม่กับตัวแปรตาม

Steers (1977) อธิบายว่าประสิทธิผลขององค์การหมายถึงความสามารถขององค์การในการบรรลุเป้าหมาย ปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม ใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม และรักษาความสามารถในการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง การประเมินประสิทธิผลจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะปริมาณงานหรือจำนวนโครงการ แต่ต้องพิจารณาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับประชาชนและความสำเร็จตามเป้าหมายขององค์การด้วย

แนวคิดการบริการสาธารณะแนวใหม่ (New Public Service: NPS) ของ Denhardt และ Denhardt (2015) เน้นว่าเจ้าหน้าที่รัฐควร “ให้บริการประชาชน” มากกว่าการควบคุมหรือชี้นำประชาชน โดยให้ความสำคัญกับประโยชน์สาธารณะ ความเป็นพลเมือง ความเสมอภาค ความรับผิดชอบ และกระบวนการประชาธิปไตย แนวคิดดังกล่าวเหมาะสมกับการประเมินองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เนื่องจากการจัดบริการสาธารณะต้องตอบสนองทั้งความต้องการเฉพาะพื้นที่และประโยชน์ส่วนรวม

ตัวแปรตามของการวิจัย คือ ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพการให้บริการ หมายถึง ความถูกต้อง เหมาะสม และได้มาตรฐานของบริการ 2) ความรวดเร็วในการให้บริการ หมายถึง ความสามารถในการลดระยะเวลาและขั้นตอน

3) ความทั่วถึงและความเป็นธรรม หมายถึง การที่ประชาชนทุกกลุ่มสามารถเข้าถึงบริการโดยไม่เลือกปฏิบัติ 4) การตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน หมายถึง ความสามารถในการแก้ไขปัญหาและปรับบริการให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ และ 5) ความพึงพอใจของประชาชน หมายถึง การประเมินของผู้รับบริการต่อกระบวนการและผลลัพธ์ของการให้บริการ

2.8 การสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีสู่กรอบการวิจัย

จากการสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีข้างต้นพบว่า ประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะมิได้เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งโดยลำพัง แต่เป็นผลจากการทำงานร่วมกันของระบบบริหารจัดการ ภาวะผู้นำ การมีส่วนร่วมของประชาชน เทคโนโลยีดิจิทัล และธรรมาภิบาล กล่าวคือ คุณภาพการบริหารจัดการช่วยให้องค์กรใช้ทรัพยากรอย่างมีทิศทาง ภาวะผู้นำช่วยขับเคลื่อนบุคลากรและการเปลี่ยนแปลง การมีส่วนร่วมช่วยให้บริการสอดคล้องกับปัญหาและความต้องการจริง เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยเพิ่มความรวดเร็วและการเข้าถึงบริการ ส่วนความโปร่งใสและธรรมาภิบาลช่วยสร้างความรับผิดชอบและความเชื่อมั่นของประชาชน ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้ปัจจัยทั้ง 5 ด้านเป็นตัวแปรต้นที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและสามารถร่วมกันพยากรณ์ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ซึ่งเป็นตัวแปรตามของการวิจัยตามกรอบแนวคิดที่แสดงในภาพที่ 1

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล กับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้มีสิทธิเลือกตั้งที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านในเขตองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศไทย และเคยรับบริการสาธารณะจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล ทั้งนี้ จากข้อมูลของกรมการปกครอง ณ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2569 ประเทศไทยมีผู้มีสิทธิเลือกตั้งจำนวนทั้งสิ้น 53,161,338 คน ซึ่งใช้เป็นกรอบประชากรอ้างอิงในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย (กรมการปกครอง, 2569)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้มีสิทธิเลือกตั้งที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านในเขตองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศไทย และเคยรับบริการสาธารณะจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของ Krejcie และ Morgan (1970) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 384 คน ผู้วิจัยจึงเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 400 คน เพื่อป้องกันข้อมูลไม่สมบูรณ์และให้สามารถจัดสรรกลุ่มตัวอย่างระหว่าง 4 ภูมิภาคได้อย่างเท่าเทียม ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งภูมิภาคและการคัดเลือกจังหวัดตัวแทน ผู้วิจัยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 4 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ จากนั้นคัดเลือกจังหวัดตัวแทนแบบเจาะจง (Purposive Selection) ภูมิภาคละ 1 จังหวัด โดยพิจารณาจากเกณฑ์สำคัญ ได้แก่ การมีบทบาทเป็นศูนย์กลางของภูมิภาค ความหลากหลายของบริบทเมืองและชนบท โครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน การมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลายประเภท และความเหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเลือกจังหวัดพิษณุโลกเป็นตัวแทนภาคเหนือ เนื่องจากเป็นศูนย์กลางด้านการบริหาร การคมนาคม การศึกษา และบริการของภาคเหนือตอนล่าง อีกทั้งมีพื้นที่ทั้งเขตเมืองและชุมชนเกษตรกรรม จังหวัดขอนแก่นเป็นตัวแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นศูนย์กลางด้านการค้า การลงทุน การคมนาคม การศึกษา และการบริการของภูมิภาค รวมทั้งมีความแตกต่างระหว่างชุมชนเมืองขนาดใหญ่กับพื้นที่ชนบท จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นตัวแทนภาคกลาง เนื่องจากมีโครงสร้างพื้นที่ที่ผสมผสานระหว่างชุมชนเมือง เขตอุตสาหกรรม พื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ ทำให้มีความต้องการบริการสาธารณะที่หลากหลาย ส่วนจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นตัวแทนภาคใต้ เนื่องจากเป็นศูนย์กลางการคมนาคมและเศรษฐกิจของภาคใต้ตอนบน มีบริบทพื้นที่ครอบคลุมทั้งเขตเมือง พื้นที่เกษตรกรรม ชุมชนชายฝั่งและเกาะ ตลอดจนแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ การคัดเลือกจังหวัดดังกล่าวจึงช่วยให้การศึกษาได้ข้อมูลจากบริบทพื้นที่ที่แตกต่างกัน และสามารถเปรียบเทียบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในแต่ละภูมิภาคได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การคัดเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภายหลังจากได้จังหวัดตัวแทนทั้ง 4 จังหวัดแล้ว ผู้วิจัยจัดทำบัญชีรายชื่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในแต่ละจังหวัด โดยจำแนกออกเป็น 4 ชั้นภูมิตามประเภทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล จากนั้นกำหนดรหัสให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละแห่ง และใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นประเภทละ 1 แห่งจากแต่ละจังหวัด ได้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตัวอย่างจังหวัดละ 4 แห่ง รวมทั้งสิ้น 16 แห่ง วิธีการดังกล่าวช่วยให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีขนาด โครงสร้างการบริหาร ทรัพยากร และบริบทการจัดบริการสาธารณะแตกต่างกัน

ขั้นตอนที่ 3 การจัดสรรกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 400 คน และใช้การจัดสรรกลุ่มตัวอย่างแบบเท่ากัน (Equal Allocation) โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจังหวัดละ 100 คน คิดเป็น

ร้อยละ 25.00 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เพื่อให้แต่ละภูมิภาคมีจำนวนผู้ให้ข้อมูลเพียงพอและมีน้ำหนักเท่ากันสำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบ จากนั้นจัดสรรกลุ่มตัวอย่างให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 4 ประเภทในแต่ละจังหวัด ประเภทละ 25 คน ดังนั้น แต่ละจังหวัดจึงมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน แต่ละภูมิภาคจำนวน 100 คน และรวมกลุ่มตัวอย่างจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 16 แห่ง จำนวน 400 คน ทั้งนี้ การจัดสรรดังกล่าวเป็นการจัดสรรแบบสมดุลระหว่างภูมิภาค มิใช่การจัดสรรตามสัดส่วนจำนวนผู้มีสิทธิเลือกตั้งของแต่ละภูมิภาค

ขั้นตอนที่ 4 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล ผู้วิจัยประสานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานทะเบียนในพื้นที่เพื่อจัดทำกรอบรายชื่อผู้มีสิทธิเลือกตั้งที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละแห่ง โดยดำเนินการภายใต้การอนุญาตของหน่วยงานและหลักการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล จากนั้นกำหนดหมายเลขประจำรายชื่อและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สุ่มรายชื่ออย่างง่าย (Simple Random Sampling) แห่งละ 25 คน พร้อมจัดทำบัญชีรายชื่อสำรองตามลำดับการสุ่ม สำหรับคุณสมบัติของผู้เข้าร่วมการวิจัยกำหนดให้เป็นผู้มีสิทธิเลือกตั้งในปี พ.ศ. 2569 มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านของพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือก เคยรับบริการสาธารณะจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอย่างน้อย 1 ประเภทภายในระยะเวลา 12 เดือนก่อนการเก็บข้อมูล สามารถสื่อสารและตอบแบบสอบถามได้ และยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ ก่อนเก็บข้อมูลผู้วิจัยใช้คำถามคัดกรองเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติ หากผู้ได้รับการสุ่มไม่มีคุณสมบัติครบถ้วน ปฏิเสธการเข้าร่วม หรือไม่สามารถให้ข้อมูลได้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงแทนที่ด้วยบุคคลจากบัญชีรายชื่อสำรองตามลำดับที่กำหนดไว้ โดยไม่ใช้การเลือกตามความสะดวก จนได้กลุ่มตัวอย่างครบจำนวน 400 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่

ตอนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ประกอบด้วย ทั้งหมดจำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วย

1) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร จำนวน 4 ข้อ
2) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น จำนวน 4 ข้อ
3) การมีส่วนร่วมของประชาชน จำนวน 4 ข้อ
4) การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ จำนวน 4 ข้อ
5) ความโปร่งใสและธรรมาภิบาล จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ทั้งหมดจำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วย

1) คุณภาพการให้บริการ จำนวน 4 ข้อ
2) ความรวดเร็วในการให้บริการ จำนวน 4 ข้อ
3) ความทั่วถึงและความเป็นธรรม จำนวน 4 ข้อ
4) การตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน จำนวน 4 ข้อ
5) ความพึงพอใจของประชาชน จำนวน 4 ข้อ

ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ตามแนวคิดของ Likert (1932)

3.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือตามหลักวิชาการทางการวิจัย เพื่อให้เครื่องมือมีความตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง ดังนี้

3.4.1 การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านรัฐประศาสนศาสตร์ การบริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และการวิจัยทางสังคมศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัยและนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร จากนั้นนำผลการประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ตามแนวทางของ Rovinelli and Hambleton (1977) โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ผลการตรวจสอบพบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้

3.4.2 การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) หลังจากปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับประชาชนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 30 คน ข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้ถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) (Cronbach, 1951) เพื่อใช้ประเมินความสอดคล้องภายในของข้อคำถาม (Internal Consistency) เครื่องมือที่มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.76 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92 และรายด้านมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.81–0.90 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4.3 การปรับปรุงเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขถ้อยคำของข้อคำถามให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสอดคล้องกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ก่อนนำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามต่อไป

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยขอความร่วมมือจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เป็นพื้นที่ศึกษา และแจกแบบสอบถามให้แก่ประชาชนกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเองและผ่านระบบออนไลน์ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2569

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติดังนี้ 1) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) 2) วิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ และระดับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) 4) วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

3.7 เกณฑ์การแปลผลข้อมูล

1) เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย (Mean) การแปลผลระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) (บุญชม ศรีสะอาด. (2560) ผู้วิจัยกำหนดช่วงการแปลผลโดยใช้วิธีคำนวณอันตรภาคชั้น (Class Interval) ดังนี้

อันตรภาคชั้น = (ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด) ÷ จำนวนระดับ

= (5 – 1) ÷ 5 = 0.80

จึงกำหนดเกณฑ์การแปลผล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับ
4.21 – 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

2. เกณฑ์การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

การแปลผลระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ของ Cohen (1988) ดังนี้ เกณฑ์ขนาดอิทธิพลประมาณ .10 = ต่ำ, .30 = ปานกลาง และ .50 = สูง โดยพิจารณาเครื่องหมาย (+) หรือ (–) เพื่อบ่งชี้ทิศทางของความสัมพันธ์

3. เกณฑ์การแปลผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Standardized Coefficient: Beta) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

ค่า Sig. น้อยกว่า .05 หมายถึง ตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่า Beta ที่มีค่ามากกว่า แสดงถึงอิทธิพลในการพยากรณ์ที่สูงกว่า

ค่า R^2 (Coefficient of Determination) แสดงสัดส่วนความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม โดยพิจารณาเป็นร้อยละของอำนาจการพยากรณ์ของตัวแปรอิสระทั้งหมดร่วมกัน

ค่า F และ Sig. ใช้พิจารณาความเหมาะสมของสมการถดถอย หากค่า Sig. น้อยกว่า .05 แสดงว่าสมการถดถอยมีนัยสำคัญทางสถิติและสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.7 จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้คำนึงถึงจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย รายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูล และการรักษาความลับของผู้ให้ข้อมูล พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถถอนตัวจากการวิจัยได้ตลอดเวลาโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 400)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	184	46.00
หญิง	212	53.00
อื่น ๆ/ไม่ประสงค์ระบุ	4	1.00
2. อายุ		
18–30 ปี	72	18.00
31–40 ปี	104	26.00
41–50 ปี	112	28.00
51–60 ปี	76	19.00
61 ปีขึ้นไป	36	9.00
3. ระดับการศึกษา		

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	56	14.00
มัธยมศึกษา/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	124	31.00
อนุปริญญา/ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	80	20.00
ปริญญาตรี	120	30.00
สูงกว่าปริญญาตรี	20	5.00
4. อาชีพ		
ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	56	14.00
พนักงานบริษัทเอกชน	72	18.00
เกษตรกร	80	20.00
ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว	76	19.00
รับจ้างทั่วไป	60	15.00
นักเรียน/นักศึกษา	20	5.00
เกษียณอายุ/ว่างงาน/อื่น ๆ	36	9.00
5. ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่		
น้อยกว่า 5 ปี	40	10.00
5–10 ปี	76	19.00
11–20 ปี	112	28.00
มากกว่า 20 ปี	172	43.00
รวม	**400**	**100.00**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 212 คน คิดเป็นร้อยละ 53.00 มีอายุระหว่าง 41–50 ปี จำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 124 คน คิดเป็นร้อยละ 31.00 ประกอบอาชีพเกษตรกร จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และอาศัยอยู่ในพื้นที่มากกว่า 20 ปี จำนวน 172 คน คิดเป็นร้อยละ 43.00

4.2 ระดับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ

ประสิทธิผลการจัดบริการสาธารณะ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
คุณภาพการให้บริการ	4.19	0.58	มาก
ความรวดเร็วในการให้บริการ	4.08	0.61	มาก
ความทั่วถึงและความเป็นธรรม	4.12	0.63	มาก
การตอบสนองต่อความต้องการประชาชน	4.15	0.60	มาก
ความพึงพอใจของประชาชน	4.20	0.55	มาก
รวม	**4.16**	**0.47**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านความพึงพอใจของประชาชนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.55) รองลงมา คือ คุณภาพการให้บริการ ($\bar{x}$ = 4.19, S.D. = 0.58) และการตอบสนองต่อความต้องการประชาชน ($\bar{x}$ = 4.15, S.D. = 0.60) ตามลำดับ

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ตัวแปร	*r*	Sig.
คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร	.721**	.001
ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น	.693**	.001
การมีส่วนร่วมของประชาชน	.748**	.001
การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ	.664**	.001
ความโปร่งใสและธรรมาภิบาล	.781**	.001

**p < .001

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยความโปร่งใสและธรรมาภิบาลมีความสัมพันธ์สูงที่สุด (*r* = .781) รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมของประชาชน (*r* = .748) และคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร (*r* = .721)

4.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตัวแปรพยากรณ์	B	Beta	t	Sig.
คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร	.216	.231**	4.652	.001
ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น	.174	.186**	3.781	.001
การมีส่วนร่วมของประชาชน	.258	.287**	5.433	.001
การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ	.143	.151*	3.042	.003
ความโปร่งใสและธรรมาภิบาล	.301	.324**	6.218	.001
R = .846, R^2 = .716, Adjusted R^2 = .712, F = 198.364, Sig. = .000				

**p < .001

จากตารางที่ 4 พบว่า คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล สามารถร่วมกันพยากรณ์ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะได้ร้อยละ 71.60 (R^2 = .716) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (F = 198.364, Sig. = .001) เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า ความโปร่งใสและธรรมาภิบาลมีอิทธิพลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะสูงที่สุด (Beta = .324**) รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมของประชาชน (Beta = .287**) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร (Beta = .231**) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น (Beta = .186**) และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ (Beta = .151*) ตามลำดับ

4.5 แนวทางการพัฒนาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ

การกำหนดแนวทางการพัฒนาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะครั้งนี้ ใช้วิธีการสังเคราะห์ผลการวิจัยเชิงปริมาณร่วมกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยดำเนินการวิเคราะห์เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ระดับประสิทธิผลของการจัดบริการสาธารณะด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับประสิทธิผลของการจัดบริการสาธารณะด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน 3) การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรพยากรณ์ด้วยการถดถอยพหุคูณแบบนำตัวแปรเข้าสมการพร้อมกัน (Enter Multiple Regression Analysis) และ 4) การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยตามค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Standardized Beta: β) ก่อนนำผลเชิงประจักษ์มาสังเคราะห์เชื่อมโยงกับหลักธรรมาภิบาล แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน การบริหารแบบมุ่งผลสัมฤทธิ์ ทฤษฎีภาวะผู้นำเชิงเปลี่ยนแปลง และแนวคิดรัฐบาลดิจิทัล เพื่อแปลงผลการวิเคราะห์ทางสถิติไปสู่ข้อเสนอเชิงปฏิบัติสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยทั้ง 5 ด้านสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของประสิทธิผลในการจัดบริการสาธารณะได้ร้อยละ 71.60 (R^2 = .716, Adjusted R^2 = .712, F = 198.364, p < .001) เมื่อจัดลำดับตามขนาดอิทธิพลพบว่า ความโปร่งใสและธรรมาภิบาลมีอิทธิพลสูงที่สุด (β = .324, p < .001)

รองลงมา ได้แก่ การมีส่วนร่วมของประชาชน (β = .287, p < .001) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร (β = .231, p < .001) ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น (β = .186, p < .001) และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ (β = .151, p = .003) ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงใช้รูปแบบการวิเคราะห์แบบผลการวิจัยสู่ยุทธศาสตร์การพัฒนา (Evidence-to-Strategy Analysis) โดยพิจารณาทั้งทิศทางความสัมพันธ์ ขนาดอิทธิพล ลำดับความสำคัญ และความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับปัจจัยที่ได้รับการยืนยันจากข้อมูลเชิงประจักษ์

จากกระบวนการดังกล่าว ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เป็น รูปแบบการพัฒนาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ หรือ LEAD-G Model ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) L—Leadership การพัฒนาภาวะผู้นำเชิงกลยุทธ์ ภาวะผู้นำเชิงเปลี่ยนแปลง และภาวะผู้นำเชิงจริยธรรมของผู้บริหารท้องถิ่น เพื่อกำหนดทิศทางและขับเคลื่อนการพัฒนาบริการสาธารณะอย่างต่อเนื่อง 2) E—Efficiency Management การยกระดับการบริหารจัดการองค์กรด้วยระบบบริหารแบบมุ่งผลสัมฤทธิ์ การกำหนดตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงาน การปรับปรุงขั้นตอนการให้บริการ ตลอดจนการติดตามและประเมินผลอย่างเป็นระบบ 3) A—Accountability การเสริมสร้างความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และธรรมาภิบาล โดยเปิดเผยข้อมูลงบประมาณ การจัดซื้อจัดจ้าง โครงการ และผลการดำเนินงานในรูปแบบข้อมูลสาธารณะที่ประชาชนเข้าถึงและตรวจสอบได้ 4) D—Digital Government การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลผ่านระบบบริการออนไลน์แบบจุดเดียว ระบบรับเรื่องร้องเรียนและติดตามสถานะ รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อเพิ่มความสะดวกและลดระยะเวลาการให้บริการ และ 5) G—Good Citizen Participation การสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนตั้งแต่การเสนอปัญหา การจัดทำแผนและงบประมาณ การตัดสินใจ การดำเนินโครงการ ตลอดจนการติดตามและประเมินผลการจัดบริการสาธารณะ

แม้รูปแบบจะเรียงองค์ประกอบเป็น LEAD-G เพื่อให้จดจำและนำไปสื่อสารได้ง่าย แต่การนำไปปฏิบัติควรเรียงลำดับความสำคัญตามผลการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ เริ่มจากการเสริมสร้างความโปร่งใสและธรรมาภิบาล การขยายการมีส่วนร่วมของประชาชน การยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร การพัฒนาภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น และการพัฒนาบริการดิจิทัล ตามลำดับ การดำเนินงานทั้ง 5 องค์ประกอบอย่างบูรณาการจะช่วยยกระดับคุณภาพและความรวดเร็วของบริการ เพิ่มความทั่วถึงและความเป็นธรรม ตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน และสร้างความพึงพอใจต่อการจัดบริการสาธารณะ อันจะนำไปสู่ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

1) ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะโดยรวมอยู่ในระดับมาก

2) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3) คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล สามารถร่วมกันพยากรณ์ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะได้ร้อยละ 71.60 (R^2 = .716)

4) ความโปร่งใสและธรรมาภิบาลเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ รองลงมา ได้แก่ การมีส่วนร่วมของประชาชน คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ

5) แนวทางการพัฒนาประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะประกอบด้วยการพัฒนาความโปร่งใสและธรรมาภิบาล การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน การยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการองค์กร การพัฒนาภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการภาครัฐ

5.2 อภิปรายผล

1) ประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะโดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้รับการถ่ายโอนภารกิจจากส่วนกลางอย่างต่อเนื่องตามแนวทางการกระจายอำนาจ ทำให้มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการของประชาชนในพื้นที่มากขึ้น ส่งผลให้การจัดบริการสาธารณะมีคุณภาพ รวดเร็ว และสามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ (Sáenz Barros et al., 2025) ที่พบว่าคุณภาพการให้บริการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นของประชาชนต่อหน่วยงานภาครัฐ สอดคล้องกับการศึกษาของ (Suphattanakul, 2014) ที่พบว่าประสิทธิภาพการให้บริการและการมีส่วนร่วมของประชาชนส่งผลต่อการรับรู้คุณภาพการบริการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดประสิทธิผลของ Steers (1977) ที่อธิบายว่าประสิทธิผลขององค์กรสะท้อนความสามารถในการบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Denhardt และ Denhardt (2015) ที่เสนอว่าการให้บริการสาธารณะที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อประชาชนเป็นหัวใจสำคัญของการบริหารภาครัฐสมัยใหม่

2) ปัจจัยทุกด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ คุณภาพการบริหารจัดการองค์กร ภาวะผู้นำของผู้บริหารท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการ และความโปร่งใสและธรรมาภิบาล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพช่วยให้การดำเนินงานเป็นระบบ ขณะที่ภาวะผู้นำสามารถกำหนดทิศทางและสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ส่วนการมีส่วนร่วมของประชาชนทำให้การดำเนินงานสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยเพิ่มความสะดวก รวดเร็วและความโปร่งใสในการให้บริการ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับ Deeod และ Kiettikunwong (2026) ที่พบว่าความโปร่งใส การเปิดเผยข้อมูลข่าวสาร และความไว้วางใจของประชาชนมีความสัมพันธ์กับประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับ OECD (2020) ที่ระบุว่ารัฐบาลดิจิทัลช่วยยกระดับประสิทธิภาพการบริการภาครัฐ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับแนวคิดการบริหารภาครัฐแนวใหม่ของ Hood (1991) และ Osborne และ Gaebler (1992) ที่เน้นการบริหารงานแบบมุ่งผลสัมฤทธิ์ การตอบสนองต่อประชาชน และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

3) ความโปร่งใสและธรรมาภิบาลเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงที่สุดต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดบริการสาธารณะ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประชาชนในปัจจุบันให้ความสำคัญกับความโปร่งใส การเปิดเผยข้อมูล และการตรวจสอบการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐมากขึ้น หากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินงานภายใต้หลักธรรมาภิบาล จะส่งผลให้ประชาชนเกิดความเชื่อมั่น ไว้วางใจ และพร้อมให้ความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมสาธารณะ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับ Deeod และ Kiettikunwong (2026) ที่พบว่าความโปร่งใสและความไว้วางใจของประชาชนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และสอดคล้องกับแนวคิดธรรมาภิบาลของ UNDP (1997) และ World Bank (1992) ที่ให้ความสำคัญกับความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และการตรวจสอบได้ในการบริหารภาครัฐ

4) การมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิผลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในลำดับรองลงมา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการวางแผน การตัดสินใจ การดำเนินงาน และการประเมินผล ทำให้การจัดบริการสาธารณะสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่อย่างแท้จริง ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Cohen และ Uphoff (1980) ที่อธิบายว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาชุมชน และสอดคล้องกับ Arnstein (1969) ที่เสนอว่าระดับการมีส่วนร่วมที่สูงขึ้นจะนำไปสู่ประสิทธิผลของการบริหารงานภาครัฐที่ดีขึ้น ดังนั้น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างต่อเนื่อง ควบคู่กับการพัฒนาระบบธรรมาภิบาลและการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อยกระดับประสิทธิผลของการจัดบริการสาธารณะอย่างยั่งยืน

ช่วงเวลาที่ตอบแบบสอบถาม และความโน้มเอียงในการตอบตามความเหมาะสมทางสังคม อีกทั้งยังไม่มีการใช้ข้อมูลผลการปฏิบัติงานเชิงประจักษ์ เช่น ระยะเวลาการให้บริการ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย จำนวนข้อร้องเรียน งบประมาณ และผลสัมฤทธิ์ของโครงการมาประกอบการวิเคราะห์

4. รูปแบบ LEAD-G Model เป็นรูปแบบเชิงสังเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติร่วมกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แต่ยังไม่ได้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และประโยชน์ในการนำไปใช้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ รวมทั้งยังไม่ได้ทดลองใช้จริงในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จึงไม่ควรสรุปว่าเป็นรูปแบบที่ได้รับการยืนยันประสิทธิผลแล้ว

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรให้ความสำคัญเป็นลำดับแรกกับการเสริมสร้างความโปร่งใสและธรรมาภิบาล เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิผลสูงที่สุด โดยจัดทำระบบเปิดเผยข้อมูลงบประมาณ การจัดซื้อจัดจ้าง แผนงาน โครงการ และผลการดำเนินงานในรูปแบบข้อมูลที่ประชาชนเข้าถึงและตรวจสอบได้ง่าย พร้อมกำหนดมาตรฐานระยะเวลาการตอบข้อร้องเรียนและรายงานผลการแก้ไขต่อสาธารณะอย่างต่อเนื่อง

2. ควรสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนให้เกิดขึ้นตลอดวงจรนโยบาย ตั้งแต่การสำรวจปัญหา การจัดทำแผนและงบประมาณ การตัดสินใจ การดำเนินโครงการ ตลอดจนการติดตามและประเมินผล โดยใช้กลไกที่หลากหลาย เช่น เวทีประชาคม งบประมาณแบบมีส่วนร่วม คณะกรรมการภาคประชาชน และบัตรรายงานผลการให้บริการของประชาชน ทั้งนี้ ต้องเปิดโอกาสให้ผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้มีรายได้น้อย และประชาชนในพื้นที่ห่างไกลเข้าร่วมอย่างทั่วถึง

3. ควรยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการองค์กรด้วยระบบบริหารแบบมุ่งผลสัมฤทธิ์ โดยกำหนดตัวชี้วัดที่เชื่อมโยงกับคุณภาพ ความรวดเร็ว ความทั่วถึง ความเป็นธรรม และความพึงพอใจของประชาชน ปรับลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น จัดสรรทรัพยากรตามความต้องการของพื้นที่ และนำผลการประเมินมาใช้ปรับปรุงบริการอย่างเป็นระบบตามวงจร PDCA

4. ควรพัฒนาผู้บริหารท้องถิ่นให้มีภาวะผู้นำเชิงกลยุทธ์ ภาวะผู้นำเชิงเปลี่ยนแปลง และภาวะผู้นำเชิงจริยธรรม สามารถใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ บริหารการเปลี่ยนแปลง สร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน และผลักดันนวัตกรรมบริการสาธารณะให้เกิดผลอย่างต่อเนื่อง แม้มีการเปลี่ยนแปลงผู้บริหารหรือบริบททางการเมืองในพื้นที่

5.4.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรนำองค์ประกอบของ LEAD-G Model ไปใช้เป็นกรอบเบื้องต้นในการกำหนดมาตรฐานและตัวชี้วัดการจัดบริการสาธารณะ โดยสนับสนุนงบประมาณตามผลสัมฤทธิ์ พัฒนาระบบข้อมูลกลางและโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล จัดให้มีการประเมินผลจาก

ประชาชน และเผยแพร่ผลการประเมินต่อสาธารณะ นอกจากนี้ ควรจัดสรรทรัพยากรตามขนาด ภารกิจ และข้อจำกัดของแต่ละพื้นที่ ไม่ควรใช้มาตรฐานเดียวกันกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกประเภทโดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างด้านศักยภาพและบริบท

5.4.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายพื้นที่ศึกษาให้ครอบคลุมจังหวัดและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกประเภท โดยใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้นตามภูมิภาค ประเภทองค์กร ขนาดประชากร และฐานะทางการคลัง เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลไปยังระดับประเทศ

2. ควรใช้การวิจัยแบบผสมผสาน โดยเก็บข้อมูลจากประชาชน ผู้บริหาร สมาชิกสภาท้องถิ่น บุคลากร และผู้แทนภาคประชาสังคม รวมทั้งใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการสนทนากลุ่มเพื่ออธิบายกลไกและเงื่อนไขที่ทำให้การจัดบริการสาธารณะประสบความสำเร็จหรือไม่ประสบความสำเร็จ

3. ควรตรวจสอบ LEAD-G Model ด้วยผู้ทรงคุณวุฒิโดยใช้การสนทนากลุ่มหรือเทคนิคเดลฟาย ก่อนนำไปทดลองใช้ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนำร่อง และประเมินผลก่อนกับหลังการใช้รูปแบบเพื่อยืนยันความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และประสิทธิผลในทางปฏิบัติ

6. เอกสารอ้างอิง

กรมการปกครอง. (2569). *จำนวนผู้มีสิทธิเลือกตั้ง ณ เดือนมิถุนายน 2569*. https://www.bora.dopa.go.th/exec-stat/

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2567). *รายงานผลการดำเนินงานประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567*. กระทรวงมหาดไทย. https://www.dla.go.th

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

สำนักงานคณะกรรมการการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. (2566). *รายงานประจำปี 2566 คณะกรรมการการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น*. สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี. https://odloc.go.th/report/2566/

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน). (2566). *แผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย พ.ศ. 2566–2570*. https://www.dga.or.th/policy-standard/policy-regulation/dga-019/dga-027/dg-plan-2566-2570/

สำนักงบประมาณ. (2566). *งบประมาณโดยสังเขป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (ฉบับปรับปรุง)*. https://www.bb.go.th/topic-detail.php?catID=0&id=15466&mid=311

สำนักงบประมาณ. (2568). *บันทึกวิเคราะห์สรุปสาระสำคัญร่างพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569*. https://www.bb.go.th/topic-detail.php?id=17756

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners, 35*(4), 216–224. https://doi.org/10.1080/01944366908977225

Bass, B. M., & Avolio, B. J. (Eds.). (1994). *Improving organizational effectiveness through transformational leadership*. SAGE Publications.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Cohen, J. M., & Uphoff, N. T. (1980). Participation's place in rural development: Seeking clarity through specificity. *World Development, 8*(3), 213–235. https://doi.org/10.1016/0305-750X(80)90011-X

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Deeod, P., & Kiettikunwong, N. (2026). Information disclosure, public trust, and social satisfaction as indicators of good governance and quality of life: Evidence from local administrative organizations in rural Thailand. *Public Organization Review, 26*, 335–352. https://doi.org/10.1007/s11115-026-00985-7

Denhardt, J. V., & Denhardt, R. B. (2015). *The new public service: Serving, not steering* (4th ed.). Routledge.

Hood, C. (1991). A public management for all seasons? *Public Administration, 69*(1), 3–19. https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.1991.tb00779.x

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*(3), 607–610. https://doi.org/10.1177/001316447003000308

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 22*(140), 1–55.

OECD. (2020). *Digital government index: 2019 results* (OECD Public Governance Policy Papers No. 3). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/4de9f5bb-en

Osborne, D., & Gaebler, T. (1992). *Reinventing government: How the entrepreneurial spirit is transforming the public sector*. Addison-Wesley.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research, 2*, 49–60.

Sáenz Barros, S. M., Palacio Ramirez, M. G., Gonzales Pérez, A. C., & Díaz Rojas, N. (2025). Satisfacción ciudadana en la calidad de servicio de gobiernos locales: Revisión sistemática 2020–2025 [Citizen satisfaction with the quality of local government services: A systematic review, 2020–2025]. *Revista InveCom, 6*(3), 1–9. https://doi.org/10.5281/zenodo.17450518

Steers, R. M. (1977). *Organizational effectiveness: A behavioral view*. Goodyear Publishing.

Suphattanakul, O. (2014). *The impact of public participation on the perception of service quality in local government in Southern Thailand* [Doctoral dissertation, Universiti Utara Malaysia]. UUM Electronic Theses and Dissertation. https://etd.uum.edu.my/5320/

United Nations. (2024). *The Sustainable Development Goals Report 2024*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/

United Nations Development Programme. (1997). *Governance for sustainable human development: A UNDP policy document*. United Nations Development Programme.

World Bank. (1992). *Governance and development*. World Bank. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/604951468739447676/governance-and-development



Sustainable Esports Ecosystem Management in Thailand: The Roles of Governance, Stakeholder Collaboration and Value Co-Creation

Dechtat Bunnag[1]* and Piched Girdwichai[2]

1 Master of Business Administration Student, Esports and Entertainment Business Management Program, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University

2 Lecturer, Master of Business Administration Program, Esports and Entertainment Business Management Program, College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University

*E-mail: s68567814013@ssru.ac.th

Abstract

This quantitative research aimed to examine the levels of governance, stakeholder collaboration, and sustainability of the esports ecosystem in Thailand, and to analyze the roles of governance and stakeholder collaboration in influencing the sustainability of the Thai esports' ecosystem. The sample consisted of 400 stakeholders involved in the esports ecosystem in Thailand, selected through purposive sampling combined with quota sampling according to stakeholder categories. The research instrument was a questionnaire. The statistics used for data analysis included frequency, percentage, mean, standard deviation, and multiple regression analysis.

The findings revealed that the overall level of opinions toward the independent variables was high. Governance had the highest mean score, followed by stakeholder collaboration. When considering the components of governance, integrity and rule compliance had the highest mean score, followed by fairness. Regarding the components of stakeholder collaboration, shared goals had the highest mean score, followed by trust. The results of multiple regression analysis indicated that governance and stakeholder collaboration jointly predicted the sustainability of the esports ecosystem in Thailand at 59.90 percent with statistical significance at the .05 level.

Keywords: governance, stakeholder collaboration, sustainability, esports ecosystem, Thai esports

1. บทนำ

อีสปอร์ตได้พัฒนาอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมการแข่งขันเกมดิจิทัลของกลุ่มผู้เล่นเฉพาะทาง ไปสู่ระบบนิเวศทางเศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี และกีฬาในระดับสากล การเติบโตของอีสปอร์ตยังเชื่อมโยงกับการจัดการแข่งขันระดับอาชีพ การตลาดดิจิทัล สื่อสตรีมมิง ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ ทีมและสโมสรอีสปอร์ต แพลตฟอร์มเกม สถาบันการศึกษา ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทในการกำกับดูแลและส่งเสริมอุตสาหกรรมดังกล่าว รายงานตลาดเกมโลกของ Newzoo (2024) ชี้ให้เห็นว่าอุตสาหกรรมเกมยังคงเป็นอุตสาหกรรมดิจิทัลที่มีขนาดใหญ่และมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง โดยมีการวิเคราะห์ตลาดเกมในหลายภูมิภาค ทั้งด้านรายได้ พฤติกรรมผู้เล่น และแนวโน้มระบบนิเวศเกมในอนาคต

อีสปอร์ตไทยได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในฐานะกีฬา อุตสาหกรรมดิจิทัล และกิจกรรมทางเศรษฐกิจสร้างสรรค์ สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัลได้สะท้อนให้เห็นว่าอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ไทย โดยเฉพาะกลุ่มเกม เป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจดิจิทัลของประเทศ และมีความเชื่อมโยงกับแพลตฟอร์มดิจิทัล บุคลากรด้านเทคโนโลยี ผู้ประกอบการ และการสร้างทรัพย์สินทางปัญญาในประเทศ (Digital Economy Promotion Agency, 2025) สมาคมกีฬาอีสปอร์ตแห่งประเทศไทยระบุว่าอีสปอร์ตได้รับการกำหนดให้เป็นกีฬาอาชีพของประเทศไทยเมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2564 และสมาคมกีฬาอีสปอร์ตแห่งประเทศไทยได้รับการจดทะเบียนเพื่อดำเนินงานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมกีฬาอาชีพเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 (Thailand E-Sport Federation, 2026) อุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตไทยมีทั้งโอกาสและข้อจำกัดที่ต้องได้รับการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ กุลชา ปรีดาศักดิ์ (2566) ศึกษาแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตไทย พบว่าอุตสาหกรรมดังกล่าวมีศักยภาพในการเติบโต แต่ยังต้องอาศัยนโยบายสนับสนุน กลไกการพัฒนาบุคลากร การส่งเสริมธุรกิจที่เกี่ยวข้อง และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเติบโตของอุตสาหกรรมในระยะยาว ขณะที่ศักรินทร์ หมื่นเดช (2564) ศึกษาการส่งเสริมภาพลักษณ์อีสปอร์ตต่อประชาชนในประเทศไทย พบว่าอีสปอร์ตมีศักยภาพในการสร้างรายได้และอาชีพ แต่ยังเผชิญความท้าทายด้านภาพลักษณ์ทางสังคม โดยเฉพาะประเด็นเด็กและเยาวชน การติดเกม ความสัมพันธ์ในครอบครัว และความไม่ชัดเจนของเส้นทางอาชีพ

การเติบโตอย่างรวดเร็วของอีสปอร์ตไทยยังเผชิญความท้าทายด้านการบริหารจัดการหลายประการ โดยเฉพาะความซับซ้อนของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนิเวศอีสปอร์ต ซึ่งประกอบด้วยนักกีฬา ผู้เล่น ทีมและสโมสร โค้ช ผู้จัดการแข่งขัน ผู้พัฒนาเกม ผู้สนับสนุน สื่อ แฟนคลับ สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และชุมชนออนไลน์ ความหลากหลายของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียดังกล่าวทำให้การพัฒนาอีสปอร์ตไม่สามารถพึ่งพากลไกตลาดหรือหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเพียงลำพังได้ หากแต่ต้องอาศัยระบบการบริหารจัดการที่มีความโปร่งใส รับผิดชอบ เป็นธรรม และเปิดพื้นที่ให้ผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการพัฒนา ธรรมาภิบาลจึงเป็นปัจจัยสำคัญประการแรกในการพัฒนาระบบนิเวศอีสปอร์ตอย่างยั่งยืน ในบริบทของการวิจัยนี้ ธรรมาภิบาลหมายถึงการบริหารจัดการอีสปอร์ตบนหลักความโปร่งใส ความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วม ความเป็นธรรม และความซื่อสัตย์ตามกฎกติกา หลักธรรมาภิบาลมี

ความสำคัญต่อการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้เล่น นักกีฬา ผู้ปกครอง ผู้สนับสนุน ภาครัฐ และสังคมโดยรวม เนื่องจากอีสปอร์ตเกี่ยวข้องกับการแข่งขัน การคัดเลือกนักกีฬา การจัดสรรผลประโยชน์ การคุ้มครองผู้เล่น การกำหนดมาตรฐานการแข่งขัน และการป้องกันพฤติกรรมที่กระทบต่อความน่าเชื่อถือของกีฬา เช่น การโกงเกม การล้มการแข่งขัน การใช้ช่องโหว่ของระบบ และการขาดความโปร่งใสในการบริหารจัดการ หากระบบอีสปอร์ตขาดธรรมาภิบาล ย่อมส่งผลให้เกิดความไม่ไว้วางใจ ความไม่เป็นธรรม และความเปราะบางของระบบการแข่งขันในระยะยาว

ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นปัจจัยสำคัญประการที่สองที่มีบทบาทต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ต เนื่องจากระบบนิเวศอีสปอร์ตเป็นเครือข่ายของผู้เกี่ยวข้องที่ต้องพึ่งพาอาศัยกันในการสร้างมาตรฐาน พัฒนาทักษะ สร้างพื้นที่การแข่งขัน ส่งเสริมอาชีพ และขยายฐานผู้ชม งานวิจัยของ Watson, Trotter, Laborde, and Leeder (2025) แสดงให้เห็นว่าอีสปอร์ตเกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม และการทำความเข้าใจมุมมองของผู้เกี่ยวข้องมีความสำคัญต่อการพัฒนาวิชาชีพและมาตรฐานในระบบอีสปอร์ต ขณะเดียวกัน งานวิจัยของอุดม ดีเลิศประดิษฐ์ และพิเชษฐ์ เกิดวิชัย (2025) ชี้ให้เห็นว่าพฤติกรรมการเล่นอีสปอร์ตของเยาวชนไทยสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคมและสิ่งแวดล้อม เช่น สื่อ เทคโนโลยี เพื่อน โรงเรียน ครอบครัว และชุมชน

วิจัยด้านอีสปอร์ตจำนวนมากมุ่งศึกษาพฤติกรรมผู้เล่น พฤติกรรมผู้ชม ภาพลักษณ์อีสปอร์ต การตลาดอีสปอร์ต หรือการพัฒนาบุคลากร ขณะที่งานวิจัยที่อธิบายความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตผ่านบทบาทของธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในบริบทประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะการศึกษาที่เชื่อมโยงตัวแปรด้านความโปร่งใส ความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วม ความเป็นธรรม ความซื่อสัตย์ตามกฎกติกา เป้าหมายร่วม การสื่อสาร การบูรณาการทรัพยากร และความไว้วางใจเข้ากับผลลัพธ์ด้านความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีความสำคัญในการเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการด้านการบริหารกีฬา อุตสาหกรรมดิจิทัล และการพัฒนาระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศกำลังพัฒนา งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาอิทธิพลของธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมาภิบาล ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย

2. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดระบบนิเวศอีสปอร์ต

อีสปอร์ตมิได้เป็นเพียงการแข่งขันเกมดิจิทัลระหว่างผู้เล่น แต่เป็นระบบนิเวศที่ประกอบด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่ายซึ่งเชื่อมโยงกันผ่านการแข่งขัน แพลตฟอร์มดิจิทัล การผลิตเนื้อหา การสนับสนุนทางธุรกิจ การกำกับดูแล และการมีส่วนร่วมของผู้ชม ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่สำคัญ ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ สมาคมกีฬาอีสปอร์ต สโมสร นักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้จัดการแข่งขัน ผู้พัฒนาเกม ผู้ให้บริการแพลตฟอร์ม ผู้สนับสนุนทางธุรกิจ สถาบันการศึกษา สื่อ ผู้ชม และชุมชนผู้เล่น

Wong และ Meng-Lewis (2023) อธิบายว่าอุตสาหกรรมอีสปอร์ตประกอบด้วยผู้กระทำการและความสัมพันธ์ระหว่างองค์การที่มีความซับซ้อน โดยแต่ละฝ่ายมีบทบาทในการแลกเปลี่ยนทรัพยากร ข้อมูล ความรู้ และผลประโยชน์ร่วมกัน ขณะที่ Kunz et al. (2022) เสนอว่าอีสปอร์ตมีลักษณะเป็นระบบนิเวศบริการซึ่งคุณค่าเกิดจากปฏิสัมพันธ์ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่าย มิได้เกิดจากสโมสร ผู้จัดการแข่งขัน หรือแพลตฟอร์มฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเพียงลำพัง

ในบริบทประเทศไทย การพัฒนาระบบนิเวศอีสปอร์ตต้องอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างนโยบายภาครัฐ การพัฒนาบุคลากร การสนับสนุนทางธุรกิจ การจัดการแข่งขันที่มีมาตรฐาน และการสร้างการยอมรับจากสังคม กุลชา ปรีดาศักดิ์ (2566) ชี้ว่าการพัฒนาอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตไทยจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ ทั้งด้านนโยบาย บุคลากร โครงสร้างพื้นฐาน และสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเติบโตในระยะยาว

2. ธรรมาภิบาลในการบริหารอีสปอร์ต

ธรรมาภิบาลในการบริหารอีสปอร์ต หมายถึง ระบบ กฎเกณฑ์ กระบวนการ และกลไกการตัดสินใจที่ทำให้การดำเนินงานภายในระบบนิเวศอีสปอร์ตมีความโปร่งใส รับผิดชอบ เป็นธรรม ตรวจสอบได้ และสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ ธรรมาภิบาลมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมอีสปอร์ต เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการแข่งขัน การคัดเลือกนักกีฬา ผลประโยชน์ทางธุรกิจ สิทธิของผู้เล่น และความน่าเชื่อถือขององค์กร

องค์ประกอบสำคัญของธรรมาภิบาลอีสปอร์ต ได้แก่ ความโปร่งใสในการกำหนดกติกาและเกณฑ์การแข่งขัน ความรับผิดชอบของหน่วยงานกำกับดูแล การเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วม ความเป็นธรรมในการเข้าถึงโอกาส การคุ้มครองสิทธิของนักกีฬาและเยาวชน ตลอดจนการป้องกันการโกงเกม การล็อกผลการแข่งขัน การใช้สารต้องห้าม และพฤติกรรมที่กระทบต่อความน่าเชื่อถือของการแข่งขัน

Hong (2023) เสนอว่าผู้เล่นอีสปอร์ตจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนอย่างเป็นระบบ ทั้งด้านสุขภาวะ การพัฒนาอาชีพ และการคุ้มครองสิทธิ ขณะที่ Nyström et al. (2022) ชี้ว่าประเด็นความยั่งยืนของอีสปอร์ตมีความเชื่อมโยงกับสุขภาวะของผู้เล่น ความครอบคลุมทางสังคม โครงสร้างอุตสาหกรรม และความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง ธรรมาภิบาลจึงเป็นพื้นฐานของการสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับอีสปอร์ตในฐานะกีฬาและอุตสาหกรรมดิจิทัล สำหรับประเทศไทย ศักรินทร์ หมื่นเดช (2564) พบว่าอีสปอร์ตยังเผชิญข้อจำกัดด้านภาพลักษณ์และความเข้าใจของประชาชน การกำหนดมาตรฐานการบริหาร

จัดการที่ชัดเจนและตรวจสอบได้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับความน่าเชื่อถือของอุตสาหกรรมอีสปอร์ตไทย

3. ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หมายถึง การประสานความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล กลุ่ม และองค์การที่มีผลกระทบหรือได้รับผลกระทบจากการดำเนินงานของระบบอีสปอร์ต เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูล การใช้ทรัพยากรร่วมกัน และการตัดสินใจที่มุ่งไปสู่เป้าหมายร่วม

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบนิเวศอีสปอร์ตมีเป้าหมายและความคาดหวังแตกต่างกัน ภาครัฐมุ่งส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัลและมาตรฐานกีฬา สมาคมทำหน้าที่กำกับดูแลและพัฒนาอุตสาหกรรม สโมสรให้ความสำคัญกับความมั่นคงทางธุรกิจ นักกีฬาต้องการโอกาสและเส้นทางอาชีพ ผู้จัดการแข่งขันต้องการความน่าเชื่อถือ ผู้สนับสนุนต้องการคุณค่าทางการตลาด ส่วนผู้ชมและชุมชนผู้เล่นต้องการประสบการณ์ความบันเทิง และความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน

Wong และ Meng-Lewis (2023) ระบุว่าความสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมอีสปอร์ต ขณะที่ Pumsanguan และ Thithathan (2022) พบว่าการบริหารสโมสรอีสปอร์ตในประเทศไทยเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยทั้งด้านการจัดการบุคลากร และเครือข่ายความร่วมมือ การพัฒนาอีสปอร์ตให้มีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยเป้าหมายร่วม การสื่อสารอย่างต่อเนื่อง ความไว้วางใจ การบูรณาการทรัพยากร และการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

ความร่วมมือที่มีประสิทธิภาพช่วยลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินงาน เพิ่มการเข้าถึงทรัพยากร และทำให้ภาคส่วนต่าง ๆ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและพฤติกรรมผู้บริโภคได้รวดเร็วขึ้น

4. การสร้างคุณค่าร่วมในระบบนิเวศอีสปอร์ต

การสร้างคุณค่าร่วม หมายถึง กระบวนการที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่ายร่วมกันใช้ทรัพยากร ความรู้ เทคโนโลยี และประสบการณ์ เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ต่อทั้งตนเองและระบบนิเวศโดยรวม คุณค่าในอีสปอร์ตจึงมิได้เกิดจากผู้ผลิตหรือผู้จัดการแข่งขันเพียงฝ่ายเดียว แต่เกิดจากการมีส่วนร่วมของนักกีฬา สโมสร ผู้จัดการแข่งขัน ผู้ชม แพลตฟอร์ม ผู้สนับสนุน สื่อ และชุมชนผู้เล่น

Kunz et al. (2022) อธิบายว่า การสร้างคุณค่าในระบบนิเวศอีสปอร์ตเกิดจากปฏิสัมพันธ์และการแลกเปลี่ยนทรัพยากรระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ขณะที่ Stegmann et al. (2023) ชี้ว่าการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลทำให้กระบวนการสร้างคุณค่าในอุตสาหกรรมกีฬามีความเชื่อมโยงกับข้อมูล แพลตฟอร์ม และการมีส่วนร่วมของผู้บริโภคมากขึ้น การสร้างคุณค่าร่วมในอีสปอร์ตสามารถพิจารณาได้หลายมิติ ได้แก่ คุณค่าทางเศรษฐกิจจากรายได้ การลงทุน การจ้างงาน และธุรกิจที่เกี่ยวข้อง คุณค่าทางสังคมจากการสร้างชุมชนและการเปิดโอกาสให้เยาวชน คุณค่าทางวิชาชีพจากการพัฒนาทักษะดิจิทัล การจัดการทีม การผลิตสื่อและการวิเคราะห์ข้อมูล คุณค่าทางวัฒนธรรมจากการสร้างอัตลักษณ์ของชุมชนแฟนคลับ และคุณค่าทางสถาบันจากการยกระดับมาตรฐานการแข่งขันและการกำกับดูแล

5. ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ต

ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ต หมายถึง ความสามารถของระบบในการดำรงอยู่ เติบโต ปรับตัว และสร้างประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและสังคมในระยะยาว ความยั่งยืนของอีสปอร์ตครอบคลุมมิติทางเศรษฐกิจ สังคม การกำกับดูแล และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

ความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างรายได้ การลงทุน การจ้างงาน และโอกาสทางธุรกิจอย่างต่อเนื่อง ความยั่งยืนด้านสังคมเกี่ยวข้องกับสุขภาวะของนักกีฬา การคุ้มครองเยาวชน การลดผลกระทบด้านลบจากการเล่นเกม และการเปิดโอกาสให้กลุ่มต่าง ๆ เข้าถึงอีสปอร์ตอย่างเป็นธรรม ความยั่งยืนด้านการกำกับดูแลเกี่ยวข้องกับการมีโครงสร้าง กฎเกณฑ์ และมาตรฐานที่โปร่งใส ส่วนความยั่งยืนด้านทรัพยากรมนุษย์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะ มาตรฐานวิชาชีพ และเส้นทางอาชีพของนักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้ตัดสิน ผู้จัดการแข่งขัน และบุคลากรด้านสื่อ

Nyström et al. (2022) เสนอว่าความยั่งยืนของอีสปอร์ตมีความซับซ้อนและครอบคลุมทั้งสุขภาวะ ความหลากหลาย ความครอบคลุม โครงสร้างธุรกิจ และผลกระทบทางสังคม ขณะที่ Watson et al. (2025) ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนามาตรฐานและคุณสมบัติของผู้ฝึกสอนอีสปอร์ต ซึ่งสะท้อนความสำคัญของการพัฒนาบุคลากรอย่างเป็นระบบ

ในบริบทประเทศไทย ขจรศักดิ์ กั้นใช้ และคณะ (2568) พบว่าอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตมีความต้องการบุคลากรที่มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร การตลาด การผลิตเนื้อหา และการบริหารโครงการ การพัฒนาบุคลากรให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมจึงเป็นเงื่อนไขสำคัญของความยั่งยืนในระยะยาว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ประชากร ได้แก่ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย เช่น นักกีฬาอีสปอร์ต ผู้ฝึกสอน ผู้จัดการแข่งขัน ผู้บริหารทีม ผู้ประกอบการ ผู้สนับสนุน สื่อ นักการตลาด บุคลากรทางการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ ผู้เกี่ยวข้องเชิงนโยบาย ผู้ชม และชุมชนอีสปอร์ต ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงร่วมกับการกำหนดโควตาตามประเภทของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมบทบาทสำคัญในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้นประกอบด้วยธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ธรรมาภิบาล หมายถึง การกำกับดูแลระบบนิเวศอีสปอร์ตให้มีความชัดเจน โปร่งใส เป็นธรรม และตรวจสอบได้ ประกอบด้วยความโปร่งใส ความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วม ความเป็นธรรม และความซื่อสัตย์ตามกฎกติกา โดยครอบคลุมการเปิดเผยข้อมูลและหลักเกณฑ์

การรับผิดชอบต่อผลกระทบ การเปิดโอกาสให้ผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วม การคุ้มครองสิทธิอย่างเสมอภาค และการป้องกันการโกงเกม การล็อกผลการแข่งขัน และการทุจริต ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หมายถึง การประสานความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยให้เติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน ประกอบด้วย เป้าหมายร่วม การสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูล การบูรณาการทรัพยากร ความไว้วางใจ และการตัดสินใจร่วมในการกำหนดนโยบาย มาตรฐาน และแนวทางการพัฒนาอีสปอร์ต

ตัวแปรตาม คือ ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย หมายถึง ความสามารถของระบบอีสปอร์ตไทยในการเติบโต ดำรงอยู่ และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม ด้านการกำกับดูแล และด้านการพัฒนานักกีฬาและบุคลากร โดยพิจารณาจากการสร้างรายได้และการจ้างงาน การสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อสังคม การมีมาตรฐานและกลไกกำกับดูแลที่ได้รับการยอมรับ ตลอดจนการพัฒนาทักษะ มาตรฐานวิชาชีพ และเส้นทางอาชีพของบุคลากรในระบบอีสปอร์ต

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวกับธรรมาภิบาล ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ต แบ่งเป็น 4 ตอน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ธรรมาภิบาลในระบบนิเวศอีสปอร์ต ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย แบบสอบถามตอนที่ 2 ถึงตอนที่ 4 ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตั้งแต่เห็นด้วยน้อยที่สุดถึงเห็นด้วยมากที่สุด

ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าแบบสอบถามด้านธรรมาภิบาลมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 ด้านความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่ากับ 0.92 และด้านความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตเท่ากับ 0.94 โดยแบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 แสดงว่าเครื่องมือมีความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นอยู่ในระดับเหมาะสมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย สิทธิในการเข้าร่วม การรักษาความลับ และการนำเสนอผลในภาพรวมโดยไม่เปิดเผยตัวตนของผู้ตอบ จากนั้นตรวจสอบความครบถ้วนของแบบสอบถามและนำข้อมูลที่สมบูรณ์จำนวน 400 ชุดไปวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามวิเคราะห์ด้วยความถี่และร้อยละ ส่วนระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมาภิบาล ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรวิเคราะห์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และอิทธิพลของธรรมาภิบาลกับความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตวิเคราะห์ด้วยการถดถอยพหุคูณ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประเภทของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนิเวศอีสปอร์ต และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต โดยนำเสนอเป็นจำนวนและร้อยละ

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 254 คน คิดเป็นร้อยละ 63.66 มีอายุ 20–29 ปี จำนวน 177 คน คิดเป็นร้อยละ 44.36 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 222 คน คิดเป็นร้อยละ 55.64 เป็นกลุ่มนักกีฬาและผู้เล่นอีสปอร์ต จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 29.82 และมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอีสปอร์ต 4–6 ปี จำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.59

2. ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรต้น

การวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรต้นของการวิจัย ประกอบด้วย ธรรมาภิบาล และความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต้น

ตัวแปรต้นและองค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
ธรรมาภิบาล	**4.23**	**0.46**	**มาก**
ความโปร่งใส	4.18	0.52	มาก
ความรับผิดชอบ	4.25	0.49	มาก
การมีส่วนร่วม	4.16	0.55	มาก
ความเป็นธรรม	4.28	0.47	มาก
ความซื่อสัตย์ตามกฎกติกา	4.30	0.45	มาก
ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	**4.19**	**0.48**	**มาก**
เป้าหมายร่วม	4.24	0.50	มาก
การสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูล	4.13	0.57	มาก
การบูรณาการทรัพยากร	4.17	0.54	มาก
ความไว้วางใจ	4.21	0.51	มาก
การตัดสินใจร่วม	4.18	0.53	มาก
รวมตัวแปรต้นทั้งหมด	4.21	0.44	มาก

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับตัวแปรต้นโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.44 เมื่อพิจารณาเป็นรายตัวแปร พบว่า ธรรมาภิบาลมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 รองลงมาคือความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของธรรมาภิบาล พบว่า องค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความซื่อสัตย์ตามกฎกติกา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 รองลงมาคือความเป็นธรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 ส่วนองค์ประกอบของความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เป้าหมายร่วม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 รองลงมาคือความไว้วางใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

3. ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย

การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต้น ได้แก่ ธรรมาภิบาล และความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย

ตัวแปรพยากรณ์	B	S.E.	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
ค่าคงที่	0.842	0.151	-	5.58	.000	-	-
ธรรมาภิบาล	0.412	0.047	0.438	8.77	.000	0.549	1.822
ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	0.386	0.049	0.392	7.88	.000	0.549	1.822

$R = 0.774$, $R^2 = 0.599$, Adjusted $R^2 = 0.597$, S.E.est = 0.318, F = 296.02, Sig. = .000

จากตารางพบว่า ธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถร่วมกันพยากรณ์ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.774 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์เท่ากับ 0.599 แสดงว่าตัวแปรต้นทั้งสองสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทยได้ร้อยละ 59.90

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน พบว่า ธรรมาภิบาลเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทยมากที่สุด โดยมีค่า Beta เท่ากับ 0.438 รองลงมาคือความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย มีค่า Beta เท่ากับ 0.392 ซึ่งทั้งสองตัวแปรมีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบสามารถเขียนได้ดังนี้

ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย = 0.842 + 0.412 (ธรรมาภิบาล) + 0.386(ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย)

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐานสามารถเขียนได้ดังนี้

ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตในประเทศไทย (Z) = 0.438Z (ธรรมาภิบาล) + 0.392Z (ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย)

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า Tolerance และ VIF พบว่า ค่า Tolerance ของตัวแปรต้นทั้งสองเท่ากับ 0.549 และค่า VIF เท่ากับ 1.822 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าไม่พบปัญหาภาวะพหุสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรต้น

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า ธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยธรรมาภิบาลมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเล็กน้อย สะท้อนว่าผู้เกี่ยวข้องให้ความสำคัญกับการกำกับดูแลที่โปร่งใส เป็นธรรม ตรวจสอบได้ และยึดมั่นในกฎกติกา เนื่องจากอีสปอร์ตเกี่ยวข้องกับการแข่งขัน การคัดเลือกนักกีฬา ผลประโยชน์ทางธุรกิจ และการยอมรับทางสังคม หากขาดระบบกำกับดูแลที่น่าเชื่อถือ ย่อมส่งผลต่อความ

เชื่อมั่นของนักกีฬา สโมสร ผู้สนับสนุน ผู้ปกครอง และสังคมโดยรวม ผลดังกล่าวสอดคล้องกับศักรินทร์ หมื่นเดช (2564) ที่ชี้ว่าอีสปอร์ตไทยยังเผชิญความท้าทายด้านภาพลักษณ์และจำเป็นต้องสร้างความเข้าใจและความน่าเชื่อถือแก่สังคม

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของธรรมาภิบาลพบว่า ความซื่อสัตย์ตามกฎกติกาและความเป็นธรรมมีค่าเฉลี่ยสูง แสดงให้เห็นว่าความน่าเชื่อถือของการแข่งขันเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมอีสปอร์ต ผลการวิจัยสอดคล้องกับกุลชา ปรีดาศักดิ์ (2566) ที่เสนอว่าการพัฒนาอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตไทยต้องอาศัยนโยบายสนับสนุน การพัฒนาบุคลากร และสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเติบโตในระยะยาว

ความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอยู่ในระดับมากเช่นกัน โดยเป้าหมายร่วมมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือความไว้วางใจ สะท้อนว่าการพัฒนาอีสปอร์ตไทยจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากนักกีฬา สโมสร ผู้จัดการแข่งขัน ภาคธุรกิจ สื่อ สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และชุมชนผู้ชม เพื่อเชื่อมโยงทรัพยากร ความรู้ เทคโนโลยี และเครือข่าย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับอุดม ดีเลิศประดิษฐ์ และพิเชษฐ์ เกิดวิชัย (2568) ที่พบว่าสื่อ เทคโนโลยี เพื่อน โรงเรียน ครอบครัว และชุมชนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเล่นอีสปอร์ตของเยาวชนไทย

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า ธรรมาภิบาลและความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถร่วมกันพยากรณ์ความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตไทยได้ร้อยละ 59.90 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยธรรมาภิบาลมีอิทธิพลสูงที่สุด รองลงมาคือความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความยั่งยืนของอีสปอร์ตมิได้ขึ้นอยู่กับความนิยม จำนวนผู้เล่น หรือมูลค่าตลาดเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของการกำกับดูแลและความสามารถในการประสานความร่วมมือระหว่างภาคส่วนด้วย

ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Nyström et al. (2022) ที่อธิบายว่าความยั่งยืนของอีสปอร์ตเกี่ยวข้องกับสุขภาวะ ความครอบคลุมทางสังคม โครงสร้างอุตสาหกรรม และรูปแบบการดำเนินธุรกิจ อีกทั้งสอดคล้องกับขจรศักดิ์ กั้นใช้ (2567) ที่ชี้ว่างานวิชาการด้านอีสปอร์ตให้ความสำคัญกับผู้เล่น นักกีฬา และอุตสาหกรรมในฐานะองค์ประกอบของระบบนิเวศมากขึ้น

โดยสรุป ธรรมาภิบาลเป็นพื้นฐานของความโปร่งใส ความเป็นธรรม ความรับผิดชอบ และความน่าเชื่อถือ ส่วนความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นกลไกเชื่อมโยงทรัพยากร ความรู้ เครือข่าย และการตัดสินใจร่วมกัน การดำเนินงานทั้งสองด้านอย่างเป็นระบบจึงมีส่วนสำคัญต่อการเติบโตและความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ตไทย

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

หน่วยงานภาครัฐและสมาคมกีฬาอีสปอร์ตควรจัดทำมาตรฐานธรรมาภิบาลอีสปอร์ตระดับประเทศ โดยกำหนดแนวทางด้านความโปร่งใส การคัดเลือกนักกีฬา การจัดการแข่งขัน การป้องกันการโกงและการล็อกผลการแข่งขัน การคุ้มครองสิทธิของนักกีฬา และการตรวจสอบข้อร้องเรียนอย่างชัดเจน

สมาคม สโมสร และผู้จัดการแข่งขันควรพัฒนาระบบเปิดเผยข้อมูลสำคัญ เช่น กติกาการแข่งขัน เกณฑ์การตัดสิน เงื่อนไขรางวัล และผลประโยชน์ทางธุรกิจ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและลดความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้น

การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศอีสปอร์ต เช่น การสนับสนุนจากภาครัฐ ความสามารถทางธุรกิจ สุขภาวะของนักกีฬา การยอมรับจากสังคม และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ รวมทั้งควรใช้การวิจัยเชิงคุณภาพหรือการวิจัยแบบผสมเพื่ออธิบายกลไกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

กุลชา ปรีดาศักดิ์. (2566). *แนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ต (Esports) ไทย* [วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. TU Digital Collections. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:311605

ขจรศักดิ์ กั้นใช้. (2567). การวิเคราะห์บรรณานุกรมและการแสดงภาพของผู้เล่นอีสปอร์ต นักกีฬาอีสปอร์ต และอุตสาหกรรมอีสปอร์ต. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 12*(2), 16–40.

ขจรศักดิ์ กั้นใช้, ภัธรภร ปุยสุวรรณ, ชนาภรณ์ ปัญญาการผล, ยลพรรษย์ ศิริรัตน์, และฐกร พฤฒิปูรณี. (2568). การวิเคราะห์ความต้องการแรงงานอุตสาหกรรมเกมและอีสปอร์ตกับการพัฒนาหลักสูตรอุดมศึกษาไทย. *Journal of Computer and Creative Technology, 3*(3), 405–420. https://doi.org/10.65205/jcct.2025.2863

ศักรินทร์ หมื่นเดช. (2564). *การส่งเสริมภาพลักษณ์อีสปอร์ตต่อประชาชนในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล]. Mahidol University Repository. https://repository.li.mahidol.ac.th/items/9a269241-5737-4c38-804c-b7d9fab3ec13

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2567). *ผลการสำรวจข้อมูลและประเมินสถานภาพอุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ ประจำปี 2566 คาดการณ์แนวโน้ม 3 ปี*. https://www.depa.or.th/th/article-view/survey-assessment-digital-industry

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2568). *อุตสาหกรรมดิจิทัลคอนเทนต์ไทย 2024: Game, animation, character, e-book + esports*. https://www.depa.or.th/storage/app/media/file/depa_DC25_PressCon_Presentation_TH.pdf

อุดม ดีเลิศประดิษฐ์, และพิเชษฐ์ เกิดวิชัย. (2568). พฤติกรรมการเล่นกีฬาอีสปอร์ตของเยาวชนไทย. *Procedia of Multidisciplinary Research, 3*(9), Article 5. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/PMR/article/download/7408/4502/39472

Newzoo. (2024). *Newzoo's global games market report 2024*.

Nyström, A.-G., McCauley, B., Macey, J., Scholz, T. M., Besombes, N., Cestino, J., Hiltscher, J., Orme, S., Rumble, R., & Törhönen, M. (2022). Current issues of sustainability in esports. *International Journal of Esports, 1*(1). https://www.ijesports.org/article/94/html

Thailand E-Sport Federation. (2026, January 19). *History of Thailand E-Sport Federation*. https://tesf.or.th/?lang=en&page_id=5105

Watson, M., Trotter, M. G., Laborde, S., & Leeder, T. M. (2025). "I don't believe any qualifications are required": Exploring global stakeholders' perspectives towards the developmental experiences of esports coaches. *Education Sciences, 15*(7), Article 858. https://doi.org/10.3390/educsci15070858

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี

ตะวัน วาทกิจ[1*], นพพร พัชรประกิติ[2], สรรค์ศิริกุล พยอมแย้ม[3], พลอยภิญญา สุภาพรเหมินทร์[3], ณิชกมล โพธิ์แก้ว[3]

[1] กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[3] สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

*tawan@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยในรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และศึกษางานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2563 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยสังเคราะห์งานดังกล่าวออกเป็น 4 กลุ่มอุตสาหกรรม 2) การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลนวัตกรรมในขั้นตอนที่ 1 เพื่อจัดทำบัญชีนวัตกร และบัญชีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของบุคลากรในมหาวิทยาลัย ตลอดจนพัฒนาระบบสารสนเทศที่สนับสนุนการตัดสินใจ 3) จัดประชุมเชิงปฏิบัติการกับนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านาเพื่อจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัยฉบับร่าง 4) ประชุมเชิงปฏิบัติการและการจัดเวทีพบปะ แลกเปลี่ยนเรียนรู้การขับเคลื่อนงานวิจัยด้าน BCG ร่วมกับเครือข่ายจตุรภาคีเพื่อพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ เพื่อพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ในการศึกษานี้ พบว่า มหาวิทยาลัยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 265 ผลงาน โดยผลงานส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมด้านการท่องเที่ยวและบริการมากที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านเกษตรและอาหาร กลุ่มอุตสาหกรรมด้านพลังงานและวัสดุ และที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านสุขภาพและการแพทย์ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้สร้างระบบสารสนเทศในงานวิจัย BCG เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลและรายงานข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้บริหาร และยังพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัย BCG ของมหาวิทยาลัยร่วมกับเครือข่ายจตุรภาคี โดยพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยแบ่งตามลักษณะของอุตสาหกรรม โดยจัดทำเป็นแผนที่นำทางงานวิจัยของมหาวิทยาลัยในภาพรวม จำนวน 1 ชิ้น ผลผลิตสำคัญที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนที่นำทางงานวิจัยระดับสถาบันที่ขับเคลื่อนด้วยเครือข่ายพื้นที่ และระบบสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ ทั้งสองสิ่งนี้ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนสำหรับผู้บริหารมหาวิทยาลัยในการจัดสรรทรัพยากรและทุนวิจัยในอนาคตได้อย่างแม่นยำ ลดความซ้ำซ้อน และสร้างความแตกต่างระหว่างงานวิจัยที่จะ “ขึ้นหิ้ง” หรืองานวิจัยที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์กับงานวิจัยของมหาวิทยาลัยที่มีทิศทางสอดคล้องกับความต้องการของจตุภาคีซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

คำสำคัญ : เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว,นวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิด, เครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี

The Development of Research Road Maps of Bio Circular Green Economy for Rajamangala University of Technology Lanna with Open Innovation Based on Quadruple Helix Alliance.

Tawan Watakit[1*], Nopporn Pacharaprakiti[2], Sansirikul Payomyaem[3], Ploypinya Supapornhemin[3], Nichkamol Phokaew[3]

[1] Human and Social Department, Faculty of Business Administration and Libraral Arts, Rajamangala University of Technology Lanna.

[2] Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna.

[3] Research and Development Institute of Rajamangala University of Technology Lanna.

*tawan@rmutl.ac.th

Abstract

This study employs a Research and Development (R&D) approach divided into four stages: 1) reviewing relevant literature, concepts, theories, and completed research projects conducted by Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL) between 2018 - 2020, and synthesizing these works into four industrial sectors; 2)collecting and analyzing innovation data from the first stage to construct a directory of innovators and a repository of research related to the Bio-Circular-Green (BCG) economy of university personnel, as well as developing a decision support information system; 3) organizing workshops with RMUTL researchers to formulate a draft research roadmap; and 4)conducting workshops and establishing platforms for knowledge exchange on driving BCG research in collaboration with a quadruple helix network to co-develop the research roadmap. The primary objective of this research is to develop a research roadmap for the Bio-Circular-Green (BCG) economy of RMUTL. The findings reveal that the university possesses 265 relevant research projects. The majority of these works are concentrated in the tourism and services sector, followed by the agriculture and food sector, and the energy and materials sector, while the health and medicine sector constitute the smallest proportion. Additionally, the research team developed a BCG research information system to facilitate data retrieval and reporting for executives' decision-making. Furthermore, in collaboration with the quadruple helix network, a BCG research roadmap for the university was established by categorizing the research roadmaps according to industrial characteristics, culminating in a single comprehensive roadmap for the overall university. The key outputs of this study were the institution-level research roadmap driven by area-based networks and the decision support information system. Both components function as the vital decision support tools for university executives to precisely allocate future resources and research funding. Furthermore, it minimizes redundancy and clearly distinguishes between "shelved" research or unutilized research and research that aligns with the demands of the Quadruple Helix network, thereby fostering more concrete and practical utilization.

Keyword: Bio Circular Green (BCG) Economy, Open Innovation, Quadruple Helix Alliance

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ติดกับดักประเทศรายได้ปานกลางมาหลายทศวรรษ ประเทศไทยมีอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยมีค่าเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 3 ต่อปี ด้วยอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจเช่นนี้ ไม่อาจนำพาประเทศไทยให้ก้าวข้ามกับดับประเทศรายได้ปานกลางได้ ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยอาศัยฐานความเข้มแข็งของประเทศอันประกอบด้วยความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรม ส่งเสริมและพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นเจ้าของสินค้าและบริการมูลค่าสูง ที่ยกระดับมูลค่าในห่วงโซ่การผลิตสินค้าและบริการ นำเทคโนโลยีนวัตกรรมดิจิทัลสมัยใหม่ที่ช่วยทลายข้อจำกัด ให้เกิดการก้าวกระโดดของการพัฒนาต่อยอด และสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน กระจายรายได้ โอกาส และความมั่งคั่งแบบทั่วถึง (Inclusive Growth) (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม , 2562) ด้วยการใช้โมเดลเศรษฐกิจใหม่ ที่เรียกว่า โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) เป็นโมเดลการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่จะพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติไปพร้อมกัน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นใช้ทรัพยากรทางด้านชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการพัฒนาทรัพยากรทางชีวภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มูลค่าสูง นอกจากนี้ยังพยายามทำให้เกิดความเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งเป็นความพยายามคำนึงนำวัสดุต่าง ๆ ที่ถูกใช้งานแล้ว กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด โดยทั้งสองเศรษฐกิจนี้อยู่ภายใต้ร่มของเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ซึ่งเป็นการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการพัฒนาร่วมไปพร้อมกันกับการพัฒนาทางสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมให้เกิดความสมดุล เพื่อความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกัน (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2563)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ที่ประกอบด้วย 4 คณะ ประกอบด้วย คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรม โดยมีพื้นที่ตั้งใน 6 วิทยาเขต ตามจังหวัดต่าง ๆ ในภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ตาก น่าน พิษณุโลก มีภารกิจตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2548 (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2548) คือ การจัดการศึกษา ส่งเสริมวิชาการและวิชาชีพชั้นสูงในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยตระหนักถึงความสำคัญของการนำองค์ความรู้จากการวิจัยและนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาประเทศและเสริมสร้างศักยภาพ การแข่งขันกับนานาประเทศ เพื่อตอบสนองต่อภารกิจดังกล่าวของมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาจึงต้องพัฒนาแนวทางในการพัฒนางานวิจัยตามแนวทางของโมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) ด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี อย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาสถานการณ์การดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมาพบช่องว่างการวิจัย (Research Gap) ที่สำคัญ กล่าวคือ การขับเคลื่อนงานวิจัยส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นการพัฒนาโครงการวิจัยเป็นรายเรื่อง (Individual Projects) ทำให้ขาดการบูรณาการภาพรวม และยังไม่มีการพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัย (Research Roadmap) ในระดับมหาวิทยาลัยอย่างเป็นรูปธรรม ยิ่งไปกว่านั้น กระบวนการกำหนดทิศทางงานวิจัยยังขาดการบูรณาการแนวคิดนวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation) และไม่ได้รับการสนับสนุนจากระบบสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจด้านการบริหารงานวิจัยอย่างเพียงพอ ส่งผลให้กลไกการสร้างความร่วมมือกับเครือข่ายพันธมิตรทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชน ในรูปแบบจตุรภาคี (Quadruple Helix) ยังไม่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ เพื่อเป็นการอุดช่องว่างของการบริหารจัดการองค์ความรู้ดังกล่าว การพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเป็นกระบวนการพัฒนาความรู้ร่วมกันกับนวัตกรรมแบบเปิด ดำเนินการตามนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่ต้องการส่งเสริมให้มีการพัฒนางานวิจัยไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์ผ่านรูปแบบของโมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) ที่เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการ บนฐานงานวิจัยและนวัตกรรม เพื่อให้เกิดการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้น ซึ่งการขับเคลื่อน BCG Model โดยใช้วิธีการทำงานแบบจตุรภาคี (Quadruple Helix) ที่ประกอบด้วยหน่วยงานด้านวิจัยหรือ

สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐท้องถิ่น หน่วยงานภาคเอกชน และสถานประกอบการในท้องถิ่น รวมถึงชุมชนที่มีศักยภาพมาร่วมกันในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจใหม่นี้ จากสิ่งที่กล่าวมาในข้างต้นทำให้คณะผู้วิจัยจึงได้นำมาพัฒนาเป็นโจทย์วิจัยเพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดทิศทางในการพัฒนาทิศทางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่เป็นรูปธรรมและเป็นที่ยอมรับของจตุรภาคี ตลอดจนเสริมสร้างให้เป็นเวทีแลกเปลี่ยนประสบการณ์และแนวคิดในการพัฒนางานวิจัยในสาขาวิชาต่าง ๆ ระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน ชุมชน และสถาบันการศึกษา ซึ่งจะทำให้เกิดแนวทางการขับเคลื่อนเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ที่อาศัยงานวิจัยและนวัตกรรมเป็นฐานในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจได้อย่างสอดคล้องกับความต้องการของจตุรภาคีซึ่งเป็นผู้มีส่วนร่วมได้อย่างครบถ้วน

2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี” คณะผู้วิจัยได้นำทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องมาใช้ ดังนี้

1. แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model)

โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) คือโมเดลการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม เป็นความพยายามที่จะพัฒนาเศรษฐกิจใน 3 มิติ ไปพร้อม ๆ กัน ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bio Economy) เป็นระบบเศรษฐกิจชีวภาพ มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่คำนึงถึงการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และทั้ง สองเศรษฐกิจนี้อยู่ภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2563) โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวนี้เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น หากแต่เป็นการพัฒนาควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อมกัน โดยประเทศไทยมีข้อได้เปรียบจากความหลากหลายทางชีวภาพ และการที่ประเทศไทยมีเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรม ซึ่งประเทศไทยสามารถนำข้อได้เปรียบดังกล่าวมาเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและบริการ เพื่อให้เกิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ที่เติบโตและแข่งขันได้ในระดับโลก ซึ่งจะช่วยในการกระจายรายได้สู่ชุมชน ลดความเหลื่อมล้ำ สินค้าและบริการมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางของการพัฒนาที่ยั่งยืน และอาจกล่าวได้ว่า โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว มีความสำคัญต่อประเทศไทยสูงมากทั้งในมิติด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม

สำหรับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model) ประกอบไปด้วยระบบเศรษฐกิจย่อย 3 รูปแบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 เศรษฐกิจชีวภาพ

เศรษฐกิจชีวภาพ เป็นคำศัพท์ที่ได้รับความนิยมแพร่หลายไปทั่วโลกในไม่กี่ปีที่ผ่านมา สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2565) ได้อธิบายถึง คำว่า เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) ไว้ในรายงาน Bioeconomia Argentina ที่ออกในปี ค.ศ. 2017 ระบุว่า เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) หรือระบบเศรษฐกิจฐานชีวภาพ (Bio based economy) คือ ระบบเศรษฐกิจที่รวมเอาทั้งการผลิตสินค้า บริการ และการใช้ประโยชน์สิ่งเหล่านี้ โดยอาศัยทรัพยากร กระบวนการ และหลักการต่าง ๆ ทางชีววิทยา ในขณะที่คณะกรรมาธิการยุโรป (Europe Commission) (สำนักที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ, 2562) เน้นว่า เศรษฐกิจชีวภาพ เป็นการผลิตทรัพยากรชีวภาพที่หมุนเวียนได้ (Renewable biological resources) และเปลี่ยนทรัพยากรหมุนเวียนให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น เช่น อาหารคน อาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น พลังงานชีวภาพ (Bioenergy) เชื้อเพลิงชีวภาพ นอกจากนี้ ยังมีผู้ให้นิยามที่แตกต่างออกไปบ้างตามศาสตร์ที่มีความใกล้เคียง

กัน เช่น ทรัพยากรชีวภาพ คือ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่รวมกันในธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นคน สัตว์ พืช หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น อย่างเช่น จุลินทรีย์ แบคทีเรียรวมถึงระบบนิเวศที่ทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้คงอยู่ จึงสามารถสรุปได้ว่า ทรัพยากรชีวภาพก็คือ สิ่งมีชีวิตที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในฐานะทรัพยากรนั่นเอง ซึ่งในแต่ละถิ่นก็จะมีความหลากหลายทางชีวภาพแตกต่างกันไป เช่น ประเทศเกาหลีมีโสมที่มีคุณภาพ ประเทศจีนมีบัวหิมะ ประเทศไทยมีข้าวหลากสายพันธ์ และเมื่อนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับทรัพยากรชีวภาพ หรือแปรรูปทรัพยากรชีวภาพก็จะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มขึ้นให้กับทรัพยากรชีวภาพนั้นได้ ดังนั้น อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เศรษฐกิจชีวภาพ คือ ระบบเศรษฐกิจที่นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการช่วยเพิ่มคุณค่า และพัฒนาการผลิตสินค้าหรือบริการ และการใช้ประโยชน์จากสินค้าหรือบริการนั้น โดยอาศัยทรัพยากรชีวภาพต่าง ๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ให้มีคุณภาพมากขึ้นหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

1.2 เศรษฐกิจหมุนเวียน

เศรษฐกิจหมุนเวียนถูกนิยามโดยนักเศรษฐศาสตร์ชาวสหรัฐอเมริกาว่า เป็นการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงเศรษฐกิจ หากย้อนกลับไปในปี พ.ศ. 2558 คณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission) เล็งเห็นถึงความสำคัญของการแก้ไขปัญหาการบริโภคและการใช้ทรัพยากรที่มากเกินความจำเป็น ผ่านการเสนอแนวคิด Industry 2020 in the Circular Economy แนวคิดนี้ครอบคลุม มิติด้านการผลิตของอุตสาหกรรมรูปแบบใหม่ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภค และการจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนกำลังถูกผลักดันอย่างจริงจังทั้งจากภาครัฐและภาคธุรกิจ โดยมีความเป็นไปได้ว่าในอนาคตระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนจะถูกนำมาแทนที่ระบบเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy) ที่เป็นการนำทรัพยากรมาผลิตสินค้ามาใช้ เมื่อเลิกใช้สินค้านั้นแล้วจะถูกทิ้ง และไม่สามารถนำกลับมาใช้อีก ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐาน Take-Make-Dispose โดยคำสามคำนี้ มาจากรากศัพท์ คือ การใช้ (Take) หมายถึง การดึงทรัพยากรจำนวนมหาศาลมาใช้ในราคาถูกที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ก่อนจะนำมาผ่านกระบวนการผลิต (Make) ขายให้ลูกค้านำไปใช้งาน และเมื่อผลิตภัณฑ์หมดประโยชน์แล้วก็ทิ้ง (Dispose) กลายเป็นขยะ ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมหาศาล ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ยั่งยืน ด้วยเหตุนี้ การขับเคลื่อนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนจึงได้เกิดขึ้นมา เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกใหม่ที่จะพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไปสู่ความยั่งยืน โดยเน้นระบบแบบหมุนเวียน ส่งเสริมการบริหารทรัพยากรที่ดี เนื่องจากสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบได้อีกครั้ง ส่งเสริมการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพที่ดีของประชาชน อันเป็นผลมาจากโครงสร้างพื้นฐานการจัดการขยะที่ดีและได้รับประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น (สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงบรัสเซลส์, 2557) โดยสหภาพยุโรปให้ความสำคัญกับการดำเนินการระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนใน 3 ประเด็น คือ การจัดการของเสีย การจัดการวัตถุดิบเพื่อการผลิต และการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) จึงเป็นโมเดลทางเศรษฐกิจที่ส่งเสริมให้การดำเนินธุรกิจคำนึงถึงการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างเหมาะสม กระตุ้นให้เกิดการใช้ซ้ำ (Reuse) การซ่อมแซม (Repair) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อช่วยลดปริมาณขยะและของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเกิดผลกระทบทางสังคมและระบบนิเวศน้อยที่สุด (อรทัย พงศ์รักธรรม และคณะ, 2562) ดังนั้น เศรษฐกิจหมุนเวียนในระบบอุตสาหกรรมที่วางแผนและออกแบบมาเพื่อคืนสภาพหรือให้ชีวิตใหม่แก่วัสดุต่าง ๆ ในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ แทนที่จะทิ้งไปเป็นขยะเมื่อสิ้นสุดการบริโภค เป็นการนำวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น กลับมาสร้างคุณค่าใหม่และหมุนเวียนเป็นวงจรต่อเนื่องโดยไม่มีของเสีย ทั้งนี้จะดำเนินการควบคู่ไปกับการสร้างระบบและการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบภายนอก ดังนั้น เป้าหมายและแนวทางของระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนจึงเป็นการรักษาคุณค่าของทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรใหม่น้อยที่สุด ผ่านการสร้างระบบการผลิตใหม่ (Re-process) การออกแบบใหม่ (Re-design) การสร้างคุณค่าใหม่ (Added value) การสร้างนวัตกรรมใหม่ (Innovation) การสร้างความร่วมมือ (Collaboration) และการใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างความยั่งยืนให้กับสิ่งแวดล้อม ชุมชน สังคม และธุรกิจ

1.3 เศรษฐกิจสีเขียว

ความเป็นมาของเศรษฐกิจสีเขียวสืบเนื่องจาก ในปี ค.ศ. 1992 การประชุม Earth Summit จัดโดยองค์การสหประชาชาติ ซึ่งช่วยจุดประกายคำว่า “การพัฒนาที่ยั่งยืน” (Sustainable Development) ให้แพร่หลายไปทั่วโลกเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ในระยะเวลาต่อมา คำว่า “ภาวะโลกร้อน” (global warming) และ“การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” (climate change) ก็เริ่มส่งผลต่อทุกประเทศทั่วโลก เนื่องจากเกิดภัยธรรมชาติขนาดใหญ่ วิกฤตพลังงาน และวิกฤตอาหาร วิกฤตเหล่านี้ ทำให้ภาคประชาชน ภาคเอกชน และรัฐบาล ทั้งระดับท้องถิ่นและรัฐบาลกลางหลายประเทศตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและการรักษาสิ่งแวดล้อม ปัญหาเหล่านี้นอกจากจะตอกย้ำความไม่ยั่งยืนของระบอบเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy) ที่เน้นการบริโภค โดยละเลยการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งระบบเศรษฐกิจจะไม่เชื่อมโยงกับสภาวะสิ่งแวดล้อมและระบบสังคม ในภาวะเช่นนี้ ทำให้ผู้นำประเทศต่าง ๆ มารวมตัวกันที่กรุงริโอ เดอจาเนโร อีกครั้งในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2012 ในการประชุม “Rio+20” องค์การสหประชาชาติคาดหวังว่าจะเป็นการประชุมครั้งประวัติศาสตร์ที่มีผู้นำระดับประเทศเดินทางมาร่วมประชุมมากที่สุด โดยมีเป้าหมายใหญ่ของ Rio+20 คือ การร่วมกันกำหนดหน้าตาของ“อนาคตที่เราต้องการ” (The Future We Want) ซึ่งหนึ่งในสองหัวข้อหลักในการประชุม คือ แนวคิด “เศรษฐกิจสีเขียว” ด้วยเหตุนี้ทำให้เศรษฐกิจสีเขียวเป็นแนวคิดที่แพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก และจากเอกสารในการประชุมสหประชาชาติครั้งนั้นเอง มีการเผยแพร่เอกสารผลลัพธ์ของ “the future we want”ระบุว่า เศรษฐกิจสีเขียว เป็นเครื่องมือเพื่อการบรรลุการพัฒนาที่ยั่งยืน ช่วยปกป้องและเพิ่มพูนทรัพยากรธรรมชาติ เพิ่มประสิทธิภาพด้านทรัพยากร ส่งเสริมรูปแบบการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน และขับเคลื่อนโลกไปสู่การพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำโดยเศรษฐกิจสีเขียวควรเป็นกรอบของการตัดสินใจทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (จารุวรรณ ขำเพชร, 2558) ดังนั้น เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) หรือเศรษฐกิจเพื่อความยั่งยืน (Sustainability Economy) จึงเป็นเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นให้เกิดความกินดีอยู่ดีของมนุษย์และความเท่าเทียมกันทางสังคม โดยลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และทรัพยากรของระบบนิเวศน์เป็นเป้าหมายหลัก ซึ่งเศรษฐกิจสีเขียว มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์พร้อมกับการดูแลสิ่งแวดล้อม และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือย และก่อมลพิษ แทนการแสวงหาผลกำไรเพียงอย่างเดียว โดยดำเนินการบนระบบและพัฒนาบนฐานของการพัฒนาแบบยั่งยืนและคำนึงถึงความสัมพันธ์ของระบบนิเวศน์และเศรษฐกิจ อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เศรษฐกิจสีเขียว มีเป้าหมายสำคัญ คือ การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อน รวมถึงเป็นการสร้างระบบเศรษฐกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ดังคำกล่าวของการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยการค้าและการพัฒนา (UNCTAD, 2010) ว่า “เศรษฐกิจสีเขียวเป็นระบบเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ มีประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร และให้ความสำคัญกับสังคม” (The Green Economy is an economy that is Low carbon, resource efficient and socially inclusive)

2. แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation)

นวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation) เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2003 Henry Chesbrough ได้เขียนหนังสือชื่อ Open Innovation ว่า บริษัทจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีขั้นสูงได้นำนวัตกรรมเข้ามาเปลี่ยนแปลงในการดำเนินการของธุรกิจ และธุรกิจเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบนวัตกรรมแบบปิด ไปสู่รูปแบบใหม่ คือ นวัตกรรมแบบเปิด ซึ่งเรียกการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) ซึ่งได้รับ ความสนใจจากนักวิชาการและธุรกิจต่าง ๆ จุดเริ่มต้นของการพัฒนานวัตกรรมแบบเปิดจะอาศัยหลักการ 3 แนวทาง คือ 1) การเปิดใจ (Open Mind) เพื่อให้องค์กรพร้อมในการรับรู้สิ่งใหม่ ๆ 2) การแบ่งปันหรือแลกเปลี่ยนแนวคิด (Share Thought) ระหว่างหุ้นส่วนในธุรกิจนวัตกรรม และ 3) การตัดสินใจ (Make Decision) เพื่อการดำเนินการก่อนในการสร้างความได้เปรียบเหนือคู่แข่ง โดย Henry Chesbrough (2003) ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมแบบเปิด คือ กระบวนทัศน์ที่สร้างให้องค์กรใช้แนวคิดทั้งภายนอกและภายในองค์กร และทั้งภายนอกและภายในองค์กรช่วยกันผลักดันนวัตกรรมออกสู่ตลาด ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของนวัตกรรมแบบเปิด

สำหรับการสร้างนวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation) เป็นการผสมผสานองค์ความรู้ทั้งภายในและภายนอกองค์กร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยเป็นกระบวนการเร่งให้เกิดการสร้างนวัตกรรมภายในองค์กร และขยายตลาดเพื่อใช้นวัตกรรมกับภายนอกองค์กร การสร้างนวัตกรรมแบบเปิดจึงเป็นการสร้างคุณค่าร่วมกันขององค์กรต่าง ๆ ที่ตกลงจะอยู่ในเครือข่ายเดียวกัน เพื่อสร้างนวัตกรรมโดยผ่านการสร้าง การรวบรวม และการใช้องค์ความรู้ด้วยกัน (สุชาต อุดมโสภกิจ, 2558) กรอบแนวคิดนวัตกรรมแบบเปิดสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) การสร้างนวัตกรรมแบบเปิดขาเข้า (Inbound Open Innovation) หมายถึง รูปแบบของการนำนวัตกรรมจากภายนอก เช่น คู่แข่ง ลูกค้า หรือ หน่วยงานวิจัยภายนอก เพื่อเร่งกระบวนการเกิดนวัตกรรม และ 2) การสร้างนวัตกรรมแบบเปิดขาออก (Outbound Open Innovation) หมายถึง รูปแบบของการนำนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีขององค์การไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ร่วมกันกับคู่ค้า เช่น การขายใบอนุญาตการใช้ทรัพย์สินทางปัญญาในรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกัน (Chesbrough & Crowther, 2006) และตัวชี้วัดสำคัญคือ 1) มีกระบวนการวิจัยที่มีลักษณะที่เปิดกว้างจากหน่วยงานภายนอก 2) มีการเชื่อมโยงผ่านตัวกลางที่ประสานงานกันระหว่าง 2 หน่วยงานขึ้นไป และ 3) มีการนำความรู้หรือทรัพย์สินทางปัญญามาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ การสร้างนวัตกรรมแบบเปิดจึงเป็นทั้งการค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ การลดความเสี่ยงด้านทรัพยากร และการเพิ่มความเร็วในการนำผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ ๆ ออกสู่ตลาด

3. แนวคิดการพัฒนาเครือข่าย (Network development)

ปัจจุบันการสร้างเครือข่ายถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการทำงานที่ได้รับการยอมรับทั้งในภาคธุรกิจเอกชนที่แสวงหาการได้รับและองค์กรพัฒนาเอกชนที่ไม่แสวงหาการได้รับ รวมถึงกลุ่มอาสาสมคิดของประชาชนจนถึงองค์กรระหว่างประเทศ เนื่องจากไม่มีองค์กรใดที่จะมีความพร้อมทั้งทางด้านทรัพยากรเงินทุน และอาจจะน้อยมาก ดังนั้นการระดมเอาส่วนที่ดีที่แต่ละบุคคลกลุ่มหรือแต่ละองค์กรมาเข้าไว้ด้วยกันทำให้สามารถลดข้อจำกัดในการทำงานลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนามีนโยบายสำคัญประการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ คือ การสร้างเครือข่ายวิจัยและขยายพันธมิตรด้านการพัฒนานวัตกรรมแบบเปิดกับสถาบันการศึกษา องค์กรภาครัฐ องค์กรเอกชน ตลอดจนชุมชนและท้องถิ่น

ความหมายของคำว่า “เครือข่าย” มีผู้ให้คำจำกัดความไว้มากมาย โดยคณะผู้ศึกษาวิจัยได้รวบรวมความหมายของเครือข่ายไว้ ดังนี้ Alter and Hage (1993) ให้ความหมายของเครือข่ายไว้ว่า เครือข่ายเป็นรูปแบบทางสังคมที่เปิดโอกาสให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์การเพื่อแลกเปลี่ยนการสร้างความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันและการร่วมกันทำงาน แต่เครือข่ายประกอบด้วยองค์กรจำนวนหนึ่งซึ่งมีอาณาเขตแน่นอนหรือไม่ก็ได้ องค์การเหล่านี้มีฐานะเท่าเทียมกัน Starkey (1998) ให้ความหมายไว้ว่า เครือข่าย คือ กลุ่มของคนหรือองค์การที่สนใจแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลระหว่างกันหรือทำกิจกรรมร่วมกันในลักษณะที่บุคคลหรือองค์การสมาชิกยังคงมีความเป็นอิสระในการดำเนินกิจกรรมของตน Joanna and Wohlstetter (2006) อธิบายว่า เครือข่ายคือความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลภายในเครือข่ายที่มีลักษณะของความสมาคม โดยที่ไม่มีองค์กรใดบังคับหรือสั่งการองค์การอื่น ๆ ในเครือข่ายได้ ทั้งนี้ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอยู่ในระดับที่สามารถนำไปสู่การแลกเปลี่ยนทรัพยากรในการดำเนินงานหรือการต่อสัญญาใจร่วมกันระหว่างบุคคลภายในเครือข่าย จากคำนิยามข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้สรุปว่า เครือข่ายเป็นแนวคิดและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการจัดระบบความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล กลุ่มบุคคล ให้เกื้อกูลเชื่อมโยงกัน โดยที่แต่ละฝ่ายต้องมีความเท่าเทียมกัน มีอิสระต่อกัน สามารถยืนหยัดอยู่ได้ด้วยตนเองและพร้อมที่จะปฏิบัติงานร่วมกันกับสมาชิกของเครือข่าย บนพื้นฐานของความเท่าเทียมกัน และมีความสัมพันธ์จะเป็นแบบเพื่อนร่วมงาน ประสาน ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน โดยมีความสัมพันธ์เชิงแนวราบมากกว่าที่จะเป็นแนวดิ่ง จึงเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบการยอมรับศักดิ์ศรีและเอื้ออาทรต่อกันมากกว่าการออกคำสั่งบังคับบัญชา

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัยและนวัตกรรมของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยคณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานวิจัยตามขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว ที่เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการ บนฐานงานวิจัยและนวัตกรรม เพื่อให้คณะผู้วิจัยสามารถจำแนกงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลนวัตกรรม งานวิจัยด้านนวัตกรรมเกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG) และจัดทำบัญชีนวัตกร (รวบรวมข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ) ของบุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อรองรับฐานข้อมูลงานนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จะทำให้ได้มาซึ่ง 1) ระบบสารสนเทศ/ฐานข้อมูล 2) ฐานข้อมูลงานวิจัยนวัตกรรมใน 4 กลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial Clusters) คือ 1) เกษตรและอาหาร 2) สุขภาพและการแพทย์ 3) พลังงานและวัสดุ 4) การท่องเที่ยวและบริการ เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนที่ 3 จัดประชุมเชิงปฏิบัติการกับนักวิจัยเพื่อจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัย (Research Roadmap) ที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เพื่อจัดทำแผนที่นำทางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเป็นฉบับร่าง ซึ่งเป็นการระดมความคิดของบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 4 จัดประชุมเชิงปฏิบัติการและการจัดเวทีพบปะ แลกเปลี่ยนเรียนรู้การขับเคลื่อนงานวิจัยและนวัตกรรมด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว และพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยโดยใช้แบบสอบถาม (questionnaire) จำนวน 1 ชุด ซึ่งมีการวัดค่าความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน แล้วนำมาตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item. Objective Congruence : IOC) พบว่า ในแต่ละข้อกระทงคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ทุกข้อคำถาม ทั้งนี้ ในแบบสอบถามนี้ ไม่มีการดำเนินการตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น เนื่องจากข้อคำถามในตอนที่ 1 เป็นแบบปลายเปิด ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามสามารถตอบได้อย่างอิสระ ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามที่มีข้อคำตอบแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 อันดับ อย่างไรก็ตาม ข้อคำถามตอนที่ 2 เป็นการสอบถามความคิดเห็นของผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัย ซึ่งไม่สามารถทดลองสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างใกล้เคียงที่ไม่มีส่วนร่วมในการพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยได้ จึงเป็นข้อจำกัดที่จะตรวจสอบความเชื่อมั่น (reliability) ในแบบทดสอบนี้ได้

6. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

คณะผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการวิจัยแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เข้าร่วมโครงการพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี โดยมีกลุ่มตัวอย่าง จำนวนรวมทั้งสิ้น 83 คน ประกอบด้วย

1. บุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	จำนวน 34 คน
2. บุคลากรของสถาบันการศึกษาอื่นทั้งภาครัฐและเอกชน	จำนวน 10 คน
3. บุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐ	จำนวน 11 คน
3. บุคลากรจากหน่วยงานภาคเอกชน/บริษัท	จำนวน 12 คน
4. บุคคลจากชุมชนและท้องถิ่น	จำนวน 16 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)

ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกกลุ่มเป้าหมาย (เครือข่ายจตุรภาคีและชุมชน) ต้องมีคุณสมบัติร่วม คือ 1) มีความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัย และ 2) สามารถเดินทางมาร่วมกิจกรรมได้ตามวันเวลาที่กำหนด โดยมีคุณสมบัติเฉพาะกลุ่ม ดังนี้

บุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ BCG ในช่วงปี พ.ศ. 2561–2563

บุคลากรของสถาบันการศึกษาอื่น (ภาครัฐและเอกชน) มีผลงานวิจัยหรือปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับ BCG

บุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐ ปฏิบัติงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับ BCG ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

บุคลากรจากภาคธุรกิจเอกชน/บริษัท เป็นเจ้าของธุรกิจที่มีความสนใจหรือมีกิจการที่เกี่ยวข้องกับ BCG

บุคคลทั่วไปในชุมชนและท้องถิ่น เคยนำงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาไปใช้ประโยชน์

เกณฑ์การคัดออก

สำหรับบุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และเครือข่ายจตุรภาคี ได้แก่ บุคลากรของสถาบันการศึกษาอื่นทั้งภาครัฐและเอกชน บุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐ บุคลากรจากภาคธุรกิจเอกชน และบุคคลทั่วไปในชุมชน/ท้องถิ่น ใช้เกณฑ์เดียวกันในการคัดออก คือ 1) มีอาการเจ็บป่วยระหว่างดำเนินโครงการวิจัย 2) เป็นผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโควิด 19 และ 3) ขอถอนตัวจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ การวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตามรหัสโครงการ RMUTL-IRB 006/2022

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

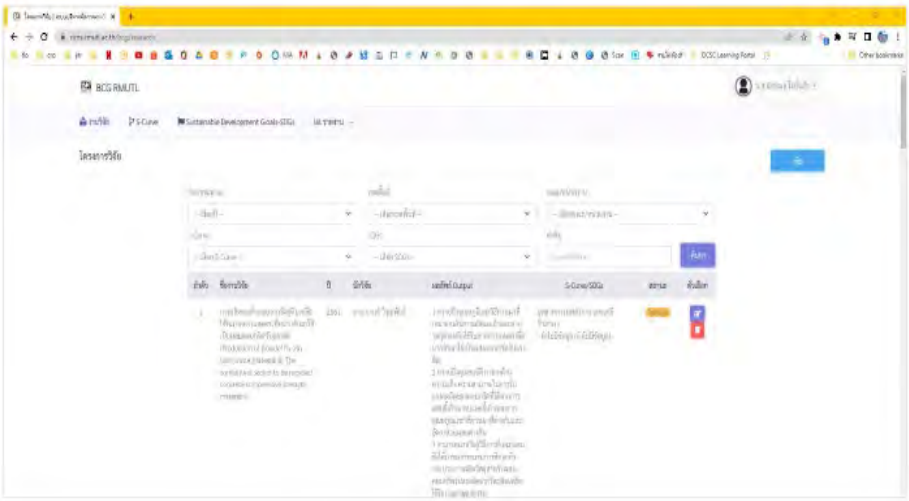
คณะผู้วิจัยมีแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยรูปแบบการวิจัยและพัฒนา ซึ่งเริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงสรุปสิ่งที่มีอยู่แล้วเพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้น ซึ่งในขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะทำให้ข้อมูลเชิงประจักษ์จากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยย้อนหลังในระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2563 ซึ่งเป็นการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาซึ่งคณะผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ด้วยค่าสถิติร้อยละ สำหรับข้อมูลที่ได้จากการจัดกิจกรรมประชุมเชิงปฏิบัติในขั้นตอนที่ 3 เพื่อให้ได้มาซึ่งแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งเป็นการระดมความคิดของบุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาจะทำให้ได้ซึ่งแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในรูปแบบของฉบับร่าง (Draft) และนำแผนที่นำทางฉบับดังกล่าวมาพัฒนาในการจัดกิจกรรมประชุมเชิงปฏิบัติในขั้นตอนที่ 4 เพื่อให้ผ่านการวิพากษ์ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ด้วยเงื่อนไขของนวัตกรรมแบบเปิดกับจตุรภาคี ซึ่งประกอบด้วย 1) หน่วยงานที่เป็นสถาบันการศึกษา 2) หน่วยงานภาครัฐ 3) บริษัทหรือหน่วยงานภาคเอกชน และ 4) ตัวแทนภาคชุมชน/สังคม ซึ่งจะทำให้ได้นวัตกรรม คือ แผนที่นำทางงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่เกิดจากการวิพากษ์และแลกเปลี่ยนกับจตุภาคี และนำมาตรวจสอบความพึงพอใจของจตุภาคีผ่านแบบสอบถามซึ่งคณะผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive analysis) ในการอธิบายค่าสถิติดังกล่าว

8. ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่ได้รับทุนวิจัยพื้นฐาน (Fundamental Foundation: FF)

คณะผู้วิจัยนำเอาข้อมูลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของทุนวิจัยพื้นฐาน (FF) ให้แก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระหว่าง ปี พ.ศ. 2561 – 22563 จำนวน 304 ผลงาน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้คัดเลือกผลงานวิจัยเกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) มาทำการศึกษา และได้พัฒนาฐานข้อมูลออกมาอยู่ในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจัดการฐานข้อมูล ใช้ชื่อว่า “ระบบสารสนเทศบริหารจัดการงานวิจัย BCG RMUTL” ดังรูปที่ 1 จากฐานข้อมูลดังกล่าวสามารถตัดผลงานวิจัยที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ออกไป

จำนวน 39 ผลงาน โดยพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว จำนวน 265 ผลงาน โดยนำมาคัดแยกเป็น 4 กลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial Clusters) ดังนี้ 1) ด้านเกษตรและอาหาร จำนวน 73 ผลงาน 2) ด้านพลังงานและวัสดุ จำนวน 46 ผลงาน 3) ด้านสุขภาพและการแพทย์ จำนวน 18 ผลงาน และ 4) ด้านการท่องเที่ยวและบริการ จำนวน 128 ผลงาน ซึ่งระบบสารสนเทศดังกล่าว สามารถนำมาเป็นข้อมูลของผู้บริหารเพื่อช่วยในการตัดสินใจ



ภาพที่ 1 แสดงระบบสารสนเทศบริหารจัดการงานวิจัย BCG RMUTL

2. การพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัย จำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งแรกเป็นการพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว กับนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จาก 6 พื้นที่ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง พิษณุโลก น่าน ตาก จำนวน 34 คน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในครั้งนี้ ยังเป็นการพัฒนาแผนที่นำทางที่เกิดขึ้นจากบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น เมื่อได้ร่างแผนที่นำทางงานวิจัย (Research Road Map Draft) จากแนวคิดของนักวิจัยของมหาวิทยาลัยแล้ว หลังจากนั้น คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยครั้งที่สองโดยจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อเป็นเวทีพบปะ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ในการขับเคลื่อนงานวิจัยเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี ได้แก่ 1) บุคลากรของสถาบันการศึกษาอื่นทั้งภาครัฐและเอกชน 2) บุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐ 3) บุคลากรจากหน่วยงานภาคเอกชน/บริษัท และ 4) บุคคลจากชุมชนและท้องถิ่น โดยมีผู้เข้าร่วมให้ข้อมูลและจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัยในครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 83 คน โดยแผนที่นำทางงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial Clusters) ได้แก่ 1) ด้านเกษตรและอาหาร 2) ด้านพลังงานและวัสดุ 3) ด้านสุขภาพและการแพทย์ และ 4) ด้านการท่องเที่ยวและบริการ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้นำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ มาพัฒนาเป็นแผนที่นำทางงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในภาพรวม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนที่นำทางงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาร่วมกับเครือข่ายจตุรภาคีในภาพรวม

จากภาพที่ 2 แผนที่นำทางงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านร่วมกับเครือข่ายจตุรภาคีในภาพรวม มีรายละเอียด ดังนี้

แผนระยะสั้น

กลุ่มที่ 1 อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

การขายผลิตภัณฑ์ออนไลน์ และการวิเคราะห์ระดับของอุตสาหกรรมในชุมชน

กลุ่มที่ 2 อุตสาหกรรมพลังงานและวัสดุ

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมในด้านพลังงาน มีดังนี้ 1) พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมขนส่งและการเกษตร 2) รถยนต์พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle : EV) 3) ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV Parts) 5) การผลิตพลังงานชีวมวล สำหรับด้านวัสดุศาสตร์ เน้นงานวิจัยและพัฒนาในเรื่อง 1) วัสดุชีวภาพ และ 2) วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 3) วัสดุเหลือใช้ธรรมชาติ/วัสดุสังเคราะห์เพื่อนำมาเพิ่มมูลค่า

กลุ่มที่ 3 อุตสาหกรรมการแพทย์และสุขภาพ

ห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน ISO-17025 ศูนย์พัฒนาทดสอบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (Pre-compliance Testing) คลินิกการให้คำปรึกษาธุรกิจด้านสุขภาพและการแพทย์ (Pre-Industrial) เพื่อส่งเสริมผู้ประกอบการด้านบริหารธุรกิจ

กลุ่มที่ 4 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ

ศูนย์ประสานงานระหว่างมหาวิทยาลัยและชุมชน และศูนย์การท่องเที่ยวเพื่อธุรกิจไมซ์ (MICE Tourism Center) โดยมีเป้าหมาย คือ ความเป็นเลิศของงานวิจัยและนวัตกรรมด้านไมซ์ และท่องเที่ยวชุมชน

แผนระยะกลาง

กลุ่มที่ 1 อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปอาหารด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ (Emerging Technology for processing)

กลุ่มที่ 2 อุตสาหกรรมพลังงานและวัสดุ

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับ 1) ต้นแบบหมู่บ้านอัจฉริยะ (Smart Village) 2) ระบบขนส่งอัจฉริยะ (Smart Logistic) 3) โรงงานอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Factory) และ 4) การจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการสร้างพลังงานทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ

กลุ่มที่ 3 อุตสาหกรรมการแพทย์และสุขภาพ

ศูนย์ความเป็นเลิศทางสุขภาพและการแพทย์ (เครื่องมือแพทย์ และผลิตภัณฑ์ด้านชีวะและเคมี)

กลุ่มที่ 4 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์และวัฒนธรรม พยายามเพิ่มจำนวนเมืองไมซ์ (MICE CITY) และมีศูนย์ทดสอบและพัฒนาสิ่งทอระดับชุมชน ซึ่งต้องเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลออนไลน์ด้านการท่องเที่ยว (Data Base Tourism Platform Online)

แผนระยะยาว

กลุ่มที่ 1 อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารฟังก์ชั่น (Functional food)

กลุ่มที่ 2 อุตสาหกรรมพลังงานและวัสดุ

สร้างงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาเป็น 1) ชุมชนต้นแบบเมืองอัจฉริยะ (Smart City) 2) โรงงานต้นแบบอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ(Eco Factory) และ 3) ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype)

กลุ่มที่ 3 อุตสาหกรรมการแพทย์และสุขภาพ

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารฟังก์ชัน (Functional Food) นวัตกรรมชะลอวัยและอุปกรณ์การแพทย์เพื่อสนับสนุนสังคมผู้สูงอายุ (Aging Society)

กลุ่มที่ 4 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ

พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งทอ โดยมีห้องปฏิบัติการสิ่งทอตามมาตรฐาน ISO 17025 สร้างงานวิจัยที่สนับสนุนเมืองสร้างสรรค์ของ UNESCO และงานวิจัยและนวัตกรรมที่ส่งเสริมการเป็นเมืองแฟชั่นโลก (World Fashion City)

3. การตรวจสอบความคิดเห็นต่อแผนที่นำทางงานวิจัยที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนากับเครือข่ายจตุรภาคีที่ได้รับการพัฒนาร่วมกัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 – 3 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของหน่วยงานของผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ

ประเภทของหน่วยงาน	จำนวนคน	ร้อยละ
ตัวแทนธุรกิจ / ภาคเอกชน	12	14.46
ตัวแทนหน่วยงานภาครัฐ	11	13.25
ตัวแทนหน่วยงานภาคการศึกษา	44	53.01
ตัวแทนชุมชน / วิสาหกิจชุมชน	16	19.28

จากผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการทั้งหมด 83 คน เป็นตัวแทนจากหน่วยงานภาคการศึกษามากที่สุด คือ 44 คน คิดเป็นร้อยละ 53.01 ของผู้เข้าร่วมงานทั้งหมด รองลงมาอีก 3 อันดับ ได้แก่ ตัวแทนจากตัวแทนชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชน จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 19.28 ตัวแทนจากภาคธุรกิจ หรือภาคเอกชน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 14.46 และตัวแทนจากหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 13.25

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดจำนวนสมาชิกกลุ่มแยกตามกลุ่มอุตสาหกรรม

ประเภทของอุตสาหกรรม	จำนวนคน	ร้อยละ
ด้านเกษตรและอาหาร	23	27.71
ด้านพลังงานและวัสดุชีวภาพ	18	21.69
ด้านสุขภาพและการแพทย์	8	9.64
ด้านท่องเที่ยวและงานบริการ	34	40.96

จากผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการทั้งหมด 83 คน ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสนใจหรือมีความสัมพันธ์กับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ตามประเภทของอุตสาหกรรมหลัก 4 ประเภท มีรายละเอียด ดังนี้ บุคคลที่เกี่ยวข้องกับด้านท่องเที่ยวและงานบริการ มีจำนวนมากที่สุด คือ 34 คน คิดเป็นร้อยละ 40.96 ของผู้เข้าร่วมงานทั้งหมด รองลงมาอีก 3 อันดับ ได้แก่ บุคคลที่เกี่ยวข้องกับด้านเกษตรและอาหารจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 21.71 บุคคลที่เกี่ยวข้องกับด้านพลังงานและวัสดุชีวภาพ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 21.69 และบุคคลที่เกี่ยวข้องกับด้านสุขภาพและการแพทย์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 9.64

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นต่อแผนที่นำทางงานวิจัยในภาพรวมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ประเด็น	จำนวนที่น้อยที่สุด	จำนวนที่มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ด้านเป้าหมาย	3	5	4.18	.75
2. ด้านองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี	3	5	4.00	.77
3. ด้านบุคลากร	3	5	4.04	.80

จากผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการทั้งหมด 83 คน มีความคิดเห็นต่อแผนที่นำทางงานวิจัยในภาพรวมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในเรื่องกลไกในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ดังนี้ ดังนี้ ด้านเป้าหมาย ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีค่าเฉลี่ย คือ 4.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .75 ด้านองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี มีค่าเฉลี่ย คือ 4.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .77 และด้านบุคลากร ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีค่าเฉลี่ย คือ 4.04 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ .80 ซึ่งสามารถแปลความหมายได้ว่า ผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการทั้งหมด จำนวน 83 คน ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมากต่อแผนที่นำทางงานวิจัย โดยมีความพึงพอใจสูงที่สุด คือ ด้านเป้าหมาย ด้านบุคลากร และด้านองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี ตามลำดับ

9. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ด้วยกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคี เป็นงานวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา (Research & Development : R&D) องค์ความรู้สำคัญที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนที่นำทางงานวิจัยระดับสถาบันที่ขับเคลื่อนด้วยเครือข่ายพื้นที่ และระบบสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ ทั้งสองสิ่งนี้ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนสำหรับผู้บริหารมหาวิทยาลัยในการจัดสรรทรัพยากรและทุนวิจัยในอนาคตได้อย่างแม่นยำ ลดความซ้ำซ้อน และสร้าง

ความแตกต่างระหว่างงานวิจัยที่จะ “ขึ้นหิ้ง” หรืองานวิจัยที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์กับงานวิจัยของมหาวิทยาลัยที่มีทิศทางสอดคล้องกับความต้องการของจตุภาคีซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

สำหรับการจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัยและนวัตกรรมของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พบว่า งานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของงานวิจัยที่ได้ทุนสนับสนุนทุนวิจัยพื้นฐาน (Fundamental Fund) ระหว่างปี พ.ศ. 2560 - 2563 ที่มีต้นฉบับเก็บไว้ที่สถาบันวิจัยและพัฒนา จำนวน 304 ผลงาน เป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว จำนวน 265 ผลงาน โดยนำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว มาสังเคราะห์แล้วแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มอุตสาหกรรม ได้แก่ 1) ด้านเกษตรและอาหาร 2) ด้านพลังงานและวัสดุ 3) ด้านสุขภาพและการแพทย์ และ 4) ด้านการท่องเที่ยวและบริการ ซึ่งตรงกับแนวคิดของสุวิทย์ เมษินทรีย์ (2563) ความว่า “BCG Model รวบรวมห่วงโซ่มูลค่า (Value Chain) อุตสาหกรรมต่าง ๆ บูรณาการเข้าด้วยกันเพื่อเป็นฐานการสร้างมูลค่าเพิ่มขนาดใหญ่ของประเทศ โดยในโมเดลนี้ได้แบ่งประเภทอุตสาหกรรมทางเศรษฐกิจที่สร้างมูลค่าไว้ 4 อุสาหกรรม และยังตรงกับแนวคิดของ สมพร ปานดำ (2564) ที่แบ่งอุตสาหกรรมของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว ออกเป็น 4 กลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นฐานในการพัฒนาอาชีพให้สอดคล้องกับต้นทุนในพื้นที่ เพื่อตอบโจทย์นโยบาย BCG ของประเทศไทย ทั้งนี้ หากพิจารณาในเชิงปริมาณจะพบว่า ปริมาณงานวิจัยส่วนใหญ่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาจะอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมด้านการท่องเที่ยวและบริการมากที่สุด (128 ผลงาน) รองลงมา คือ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านเกษตรและอาหาร (73 ผลงาน) กลุ่มอุตสาหกรรมด้านพลังงานและวัสดุ (46 ผลงาน) และที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านสุขภาพและการแพทย์ (18 ผลงาน) ซึ่งสอดคล้องกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2562) ที่เชื่อว่า การท่องเที่ยวเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของประประเทศไทย เป็นแหล่งสร้างรายได้สำคัญของประเทศด้วยมูลค่าผลิตภัณฑ์รวมในประเทศ (GDP) ประมาณ 1 ล้านล้านบาท และยังมีศักยภาพในสร้างมูลค่าเพิ่มให้เกิดค่าใช้จ่ายทางอ้อมซึ่งเป็นรายได้ให้กับอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อาหาร เป็นต้น สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนามีศักยภาพในการผลิตงานวิจัยที่สอดคล้องกับความต้องการของประเทศ และเป็นงานวิจัยที่สนับสนุนอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ทางเศรษฐกิจให้กับประเทศไทยเป็นอันดันต้นๆ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนกลุ่มอุตสาหกรรมของงานวิจัยนี้กับทิศทางการวิจัยของต่างประเทศ จะพบว่า สอดคล้องกับแนวคิดยุทธศาสตร์การพัฒนาความเชี่ยวชาญเชิงพื้นที่อย่างชาญฉลาด (Smart Specialization Strategy: S3) ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ McCann & Ortega-Argilés (2015) และ Trippl et al. (2020) ชี้ให้เห็นว่า การกำหนดยุทธศาสตร์งานวิจัยที่ดีต้องคำนึงถึงระดับความพร้อมและบริบทเฉพาะในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากการใช้นโยบายแบบเหมารวม (One-size-fits-all) เป็นนโยบายที่ไม่สามารถทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ได้ในภูมิภาคที่มีลักษณะพื้นฐานแตกต่างกัน กล่าวคือ ภูมิภาคที่มีระบบนวัตกรรมที่ก้าวหน้า (Advanced Regions) เช่น สหภาพยุโรป (EU) ในกลุ่มนี้มักมุ่งเน้นขับเคลื่อนเศรษฐกิจผ่านกลุ่มสุขภาพและการแพทย์ และกลุ่มพลังงานสะอาด เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีขับเคลื่อนระดับแนวหน้า (Key Enabling Technologies - KETs) ซึ่งประกอบไปด้วยมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยที่เข้มแข็ง บริษัทที่มีความสามารถสูงด้านการวิจัยและพัฒนา แรงงานทักษะสูง และเครือข่ายนวัตกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับเครือข่ายระดับโลก ในขณะที่ภูมิภาคระดับกลาง (Intermediate Regions) ดังเช่นประเทศไทยจะมีความได้เปรียบจากการขับเคลื่อนด้วยฐานทรัพยากรมากกว่า ดังนั้น สถิติผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่กระจุกตัวอยู่ในกลุ่มการท่องเที่ยวและบริการ (128 ผลงาน) และกลุ่มเกษตรและอาหาร (73 ผลงาน) จึงไม่ใช่ข้อจำกัด แต่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ว่า มหาวิทยาลัยได้กำหนดทิศทางงานวิจัยได้อย่างเหมาะสมกับศักยภาพเชิงพื้นที่ (Area-based) โดยสามารถใช้อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ รวมถึงอุตสาหกรรมการเกษตรและอาหารเป็นตัวนำ เพื่อสร้างความเข้มแข็งจากฐานรากแทนที่จะพยายามผนักดันงานวิจัยของสถาบันเพื่อเข้าสู่กลุ่มมหาวิทยาลัยที่เน้นการพัฒนาการวิจัยระดับแนวหน้าของโลก ทั้งที่อาจจะยังไม่มีความพร้อมด้านเทคโนโลยีและด้านเงินทุน หากพิจารณาในบริบทของประเทศไทย ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีระบบนวัตกรรมระดับกลาง (Intermediate Innovation System) ซึ่งหมายถึง ประเทศที่สามารถสร้างโครงสร้างพื้นฐานด้านการวิจัยและมีฐานการผลิตทางอุตสาหกรรมได้แล้วระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง และยังมีปัญหาที่เรียกว่า ความเชื่อมโยงที่แยกส่วน (Fragmented Linkages)

(Intarakumnerd et al., 2002; Doner & Schneider, 2016) ปัญหานี้สะท้อนให้เห็นจากการที่ภาควิชาการ ภาคธุรกิจ และสังคมมักดำเนินงานแยกส่วนออกจากกัน งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยจึงไม่ถูกนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์โดยภาคเอกชน และไม่ตอบโจทย์ความต้องการที่แท้จริงของคนในชุมชน ความแยกส่วนนี้เองเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การพัฒนานวัตกรรมของประเทศไทยไม่ก้าวกระโดด และทำให้ประเทศยังคงติดอยู่ในกับดักรายได้ปานกลางอย่างยาวนาน ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า ภูมิภาคที่มีระบบนวัตกรรมระดับกลางไม่ควรใช้นโยบายผลักดันเทคโนโลยีขั้นสูงแบบเดียวกับประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่ควรหันมาให้ความสำคัญกับการอุดช่องโหว่ โดยเร่งเชื่อมโยงศักยภาพที่ยังแยกส่วนกันอยู่ให้บูรณาการเป็นระบบเดียวกัน ดังนั้น การจัดเวทีร่วมกันพัฒนาแผนที่นำทางกับเครือข่ายจตุรภาคีทั้ง 83 คน จึงเป็นจุดเปลี่ยนที่สำคัญในการเปลี่ยนผ่านกระบวนทัศน์การวิจัย จากเดิมที่เป็นแบบผลักดันจากอุปทาน (Supply-Push) ซึ่งนักวิจัยเป็นผู้คิดค้นสิ่งใหม่แล้วพยายามนำไปเสนอให้ผู้ประกอบการและภาคสังคมเข้าใช้งานมาสู่กระบวนการตอบสนองต่ออุปสงค์ (Demand-Pull) ที่เริ่มต้นจากการรับฟังปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ประโยชน์ซึ่งก็คือ ภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคประชาสังคม แนวทางนี้สอดคล้องอย่างยิ่งกับข้อเสนอของ Roman et al. (2020) ที่ระบุว่า การพัฒนานวัตกรรมระดับภูมิภาคที่ยั่งยืนจำเป็นต้องดำเนินการภายใต้ความร่วมมือทั้งสี่ภาคส่วน ได้แก่ มหาวิทยาลัย ภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคประชาชน ผู้ซึ่งจะต้องได้รับประโยชน์จากงานวิจัยด้วย ดังนั้น แผนที่นำทางงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการนำแนวคิดการสร้างนวัตกรรมแบบเปิดที่เปิดโอกาสให้บุคคลนอกมหาวิทยาลัยมีส่วนร่วมในการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมร่วมกัน จากเดิมที่เป็นการพัฒนาแผนที่นำทางงานวิจัยที่ถูกพัฒนาจากนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเพียงฝ่ายเดียว แนวคิดนี้เน้นย้ำว่า กระบวนการจตุรภาคีที่มหาวิทยาลัยนำมาใช้ในครั้งนี้เป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาความแยกส่วนของระบบนวัตกรรม โดยอาศัยการผนึกกำลังของทั้ง 4 ภาคส่วนอย่างเป็นรูปธรรม กล่าวคือ ภาคการศึกษาทำหน้าที่เป็นแกนกลางในการสนับสนุนองค์ความรู้และนวัตกรรม ภาครัฐและหน่วยงานท้องถิ่นทำหน้าที่สนับสนุนเชิงนโยบายและกลไกอำนวยความสะดวก ภาคเอกชนและสถานประกอบการทำหน้าที่เชื่อมโยงและกำหนดรูปแบบนวัตกรรมสู่การต่อยอดเชิงพาณิชย์ และภาคประชาสังคมทำหน้าที่เป็นฐานรากในการสะท้อนปัญหาและร่วมสร้างสรรค์ผลลัพธ์ การหลอมรวมบทบาทที่เกื้อกูลกันของทั้ง 4 ภาคส่วนนี้ ช่วยลดความไม่สมดุลด้านอำนาจที่มักผูกขาดอยู่กับนักวิจัยที่เป็นผู้ผลิตงานวิจัย ขณะที่ภาคส่วนอื่นอาจไม่ได้รับประโยชน์ใด ๆ จากงานวิจัยนั้น ดังนั้น ผลลัพธ์จากการจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัย (Research Roadmap) ผ่านกระบวนการนวัตกรรมเชิงรุกแบบเปิดร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรจตุรภาคีในครั้งนี้ จึงตอบสนองต่อความต้องการของเครือข่ายทั้งสี่ภาคส่วนอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งยังทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจตามแนวทาง BCG Model ที่มุ่งเน้นความครอบคลุมผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ลดความเหลื่อมล้ำ และสร้างความยั่งยืนในระยะยาว

10. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. จากงานวิจัยชิ้นนี้ พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนามีจำนวนมาก เมื่อนำมาแบ่งออกเป็น 4 อุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ หากเรียงลำดับตามปริมาณของงานวิจัย จะพบว่า งานวิจัยที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ด้านการท่องเที่ยวและงานบริการ รองลงมา คือ ด้านเกษตรอาหาร ด้านพลังงานและวัสดุ และน้อยที่สุด คือ ด้านสุขภาพและการแพทย์ ดังนั้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาต้องกลับมาทบทวนว่า มหาวิทยาลัยจะสนับสนุนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียวในด้านสุขภาพและการแพทย์ให้มีปริมาณงานที่เพิ่มขึ้นได้อย่างไร หรือจะมุ่งเน้นไปยังกลุ่มงานวิจัยที่ตนเองมีศักยภาพ เช่น ด้านการท่องเที่ยวและงานบริการ และด้านการเกษตรและอาหาร

2. งานวิจัยชิ้นนี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นของการทำงานร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนากับเครือข่ายจตุรภาคี โดยร่วมกันจัดทำแผนที่นำทางงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในภาพรวมขึ้นมา ซึ่งยังเป็นเพียงต้นแบบ (Prototype) ของการประสานความร่วมมือกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ทั้งในเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีและผู้ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการขับเคลื่อนโดยการนำแผนที่นำทางงานวิจัยเหล่านี้ไปปฏิบัติใช้จริงในการ

ขับเคลื่อนองค์กรและนวัตกรรม โดยนำผลการวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการปฏิบัติงานร่วมกันของบุคลากรหลายภาคส่วน เช่น บุคลากรภาคการศึกษา บุคลากรภาครัฐ บุคลากรในธุรกิจเอกชน และบุคคลในภาคชุมชนและสังคม เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ในโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้พัฒนากลไกสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารมหาวิทยาลัยในการขับเคลื่อนงานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ด้วยแผนที่นำทางงานวิจัยในภาพรวมของมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ ยังได้พัฒนาระบบสารสนเทศด้านฐานข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวของมหาวิทยาลัย ซึ่งผู้บริหารมหาวิทยาลัยสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการตัดสินใจวางแผนนโยบายในการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยได้

2. เนื่องจากผลของงานวิจัยในครั้งนี้ยังเป็นเพียงรูปแบบแนวทางในการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมแบบเปิดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนากับเครือข่ายจตุรภาคี ซึ่งผลลัพธ์ของงานวิจัยชิ้นนี้จะไม่สามารถนำมาปฏิบัติใช้จริงได้เลย หากไม่มีการขับเคลื่อนนโยบายที่สนับสนุนกลไกลการทำงานร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยกับเครือข่ายจตุรภาคี เช่น แนวทางในการแบ่งปันเทคโนโลยี ตลอดจนการจัดสรรผลประโยชน์ต่าง ๆ ร่วมกัน ซึ่งต้องอาศัยนโยบายที่ชัดเจนและปฏิบัติได้จริงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยครั้งต่อไป

1. แผนที่นำทางงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในครั้งนี้ ยังเป็นการพัฒนาแนวทางในการส่งเสริมงานวิจัยและนวัตกรรมร่วมกับเครือข่ายจตุรภาคีในจังหวัดเชียงใหม่เท่านั้น แต่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนามีบริบทพื้นที่ถึง 6 เขตพื้นที่ คือ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง พิษณุโลก น่าน และตาก ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาว่า หากบริบทของจตุรภาคีในแต่ละพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป จะทำให้แผนที่นำทางงานวิจัยเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร

2. งานวิจัยฉบับนี้ยังมีข้อจำกัดและเงื่อนไขสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้ กล่าวคือ แม้แผนที่นำทางงานวิจัยนี้จะถูกพัฒนาขึ้นภายใต้บริบทเชิงพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งมีขอบเขตพื้นที่รับผิดชอบครอบคลุม 6 จังหวัดในภาคเหนือ แต่ด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณสนับสนุนการวิจัย ทำให้กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากเครือข่ายจตุรภาคีที่เข้าร่วมโครงการถูกจำกัดขอบเขตอยู่เพียงพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เชิงนโยบายหรือเชิงปฏิบัติ จึงมีความสอดคล้องกับระบบนิเวศนวัตกรรมในระดับจุลภาค (Micro-level) ของจังหวัดเชียงใหม่เป็นสำคัญ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไป จึงควรขยายเครือข่ายจตุภาคีให้ครอบคลุมใน 6 จังหวัดที่เป็นพื้นที่ตั้งของมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยต้นแบบของประเทศไทยที่ใช้แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีด้วยนวัตกรรมแบบเปิด ซึ่งเปิดโอกาสให้เครือข่ายจตุรภาคีที่มีส่วนเกี่ยวข้องในนวัตกรรมเหล่านี้มาร่วมกันพัฒนาโจทย์งานวิจัยและใช้ประโยชน์จากงานวิจัยร่วมกัน

11. เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม. (2562). *BCG in Action: The New Sustainable Growth Engine โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน*. สืบค้นจาก https://www.nstda.or.th /home/wp-content /uploads/2020/03/images_file-pdf_20200306-bcg-in-action.pdf

จารุวรรณ ขำเพชร. (2558). *เมืองแพร่พอเพียง การศึกษาเมืองยั่งยืนตามแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียว*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ: กรุงเทพฯ.

สมพร ปานดำ. (2564). BCG Model กับอาชีวศึกษาไทย. *วารสารวิชาการสถาบันอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*. ปีที่ 6 (2) กรกฎาคม - ธันวาคม 2564., หน้า 13 – 22.

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2548). *พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2548*. สืบค้นจาก http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%C136/%C136-20-2548-a0001.pdf

สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงบรัสเซลส์. (2557). นโยบายระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน. ใน *รายงานผลการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลนโยบาย มาตรการในสหภาพยุโรป ประกอบข้อเสนอแนะนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทย* (ฉบับที่ กันยายน 2557, หน้า 1-15).

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2565). *เศรษฐกิจชีวภาพ*. สืบค้นจาก https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2018/20180828-bioeconomy_Adult.pdf

สำนักที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ. (2562). กลยุทธ์เศรษฐกิจชีวภาพของสภายุโรป. *วารสารข่าวสารด้านการเกษตรสหภาพยุโรป*. ปีที่ 10 (1)., หน้า 1 - 5.

สุชาต อุดมโสภกิจ. (2558). การสร้างนวัตกรรมแบบเปิด. Technology Promotion and InnoMag Magazine., 42 (244) December 2015 - January 2016. 57 – 60.

สุวิทย์ เมษินทรีย์. (2563). *โมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG*. สืบค้นจาก https://www.nstda.or.th/home/ knowledge _post/bcg-by-nstda/

อรทัย พงศ์รักธรรม และคณะ. (2562). *TBCSD Sustainable Development*. นนทบุรี: องค์กรธุรกิจ.

ภาษาอังกฤษ

Alter, C., & Hage, J. (1993). *Organizations Working Together*. California: Sage.

Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Press.

Chesbrough, H. and Crowther, A.K. (2006). Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. *R&D Management*, 36 (3). 229-236.

Doner, R. F., & Schneider, B. R. (2016). *The middle-income trap: More politics than economics*. *World Politics*, 68(4), 608-644.

Intarakumnerd, P., Chairatana, P., & Tangchitpiboon, T. (2002). National innovation system in less successful developing countries: the case of Thailand. *Research Policy*, 31(8-9), 1445-1457.

Joanna, S. & Wohlstetter, P. (2006). Understanding the Different Faces of Partnering: A Typology of Public-Private Partnerships School Leadership and Management. Journal School Leadership & Management, 26 (3). 249-298.

McCann, P., & Ortega-Argilés, R. (2015). Smart specialization, regional growth and applications to European Union cohesion policy. *Regional Studies*, 49(8), 1291-1302.

Roman, M., Varga, H., Cvijanovic, V., & Reid, A. (2020). Quadruple helix models for sustainable regional innovation: Engaging and empowering civil society. *Sustainability*, 12(24), 10714.

Starkey, P. (1998). *Networking for Development*. London: Routledge.

Trippl, M., Zukauskaite, E., & Healy, A. (2020). Shaping smart specialization: The role of place-specific factors in advanced, intermediate and less-developed European regions. *Regional Studies*, 54(1), 43-54.

UNCTAD Secretariat. (2010). *The green economy: Trade and sustainable development implications, Report of the Ad Hoc Expert Meeting*. (Online). Retrieved from http://www.uncsd2012.org/content/documents/UNCTAD-Report-EGM-on-GreenEconomy-background2.pdf.



CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษาด้วยรูปแบบการบริหาร BANCHUEN MODEL : กรณีศึกษาโรงเรียนสันทรายวิทยาคม

วรากรณ์ อรวิบูลย์ศิริ [1*], วารุณี ธรรมขันธ์ [2], ช่อลัดดา วรรณา [3], รุ่งโรจน์ เหน่คำ [4], นิกร แก้วคำดี[5]
1,2,3,4 โรงเรียนสันทรายวิทยาคม 207 หมู่ 10 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
sansaiwit@gmail.com , เบอร์โทรศัพท์ 086-4294794

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการและกระบวนการจัดการศึกษาของสถานศึกษาให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ด้วย "BANCHUEN MODEL" (2) เพื่อส่งเสริมให้สถานศึกษามีการวางแผน ดำเนินงาน ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการจัดการศึกษาอย่างเป็นระบบ สามารถนำผลไปปรับปรุงและพัฒนาได้ และ (3) เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้เรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องว่า สถานศึกษาสามารถจัดการศึกษาได้อย่างมีคุณภาพและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา ครูและบุคลากรทางการศึกษา และนักเรียน รวมทั้งสิ้น 300 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัจจุบันและวิเคราะห์ปัญหา (2) พัฒนารูปแบบการบริหาร BANCHUEN MODEL โดยสังเคราะห์จากแนวคิดการประกันคุณภาพการศึกษาวงจร PDCA ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) และการบริหารแบบมีส่วนร่วม พร้อมตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (3) นำรูปแบบไปใช้ผ่านการดำเนินโครงการและกิจกรรมตามแผนปฏิบัติการของโรงเรียน และ (4) ประเมินผลการใช้รูปแบบ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบการบริหาร BANCHUEN MODEL มีความเหมาะสม ความเป็นไปได้และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด (2) ภายหลังการนำรูปแบบไปใช้ โรงเรียนสันทรายวิทยาคมมีผลการประเมินมาตรฐานการศึกษาภายในอยู่ในระดับยอดเยี่ยม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า BANCHUEN MODEL เป็นรูปแบบการบริหารที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพของระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา สามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษาในบริบทที่ใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ: ระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา, BANCHUEN MODEL, การบริหารสถานศึกษา

Developing an Internal Quality Assurance System in Educational Institutions using the BANCHUEN MODEL Management Model: A Case Study of San Sai Wittayakom School

Warakorn Ornwibulsiri [1*] , Warunee Thummakun [2] , Choladda Wanna [3] ,
Rungroj Nakham [4] , Nikorn Kaewkhamdee [5]
1,2,3,4 Sansaiwittayakom School , 207 Moo 10, Nong Han Subdistrict, San Sai District, Chiang Mai 50290
sansaiwit@gmail.com , เบอร์โทรศัพท์ 086-4294794

Abstract

This research and development study aimed to: (1) develop a school management system and educational management process aligned with continuous quality standards using the "BANCHUEN MODEL"; (2) fostersystematic planning, implementation, monitoring, evaluation, and data-driven improvement within the institution; and (3) build confidence among students, parents, communities, and stakeholders regarding the school's educational quality and student outcomes. The target group comprised 300 participants including school administrators, teachers, educational personnel, and students selected through purposive sampling.

The study was conducted in four phases: (1) baseline analysis; (2) model synthesis based on internal quality assurance, PDCA, PLC, and participatory management, verified by an expert panel; (3) operational implementation; and (4) percentage-based performance evaluation.

Findings indicated that the BANCHUEN MODEL achieved the highest levels of appropriateness, feasibility, and utility. Post-implementation, Sansaiwittayakom School earned an "Excellent" internal quality rating, demonstrating the model's effectiveness as a replicable framework for similar educational contexts.

Keywords: Internal Quality Assurance System, BANCHUEN MODEL, Educational Institution Management

1. บทนำ

การประกันคุณภาพการศึกษาภายในเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยกฎกระทรวงการประกันคุณภาพการศึกษา พ.ศ. 2561 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน,2563)กำหนดให้สถานศึกษาดำเนินการประกันคุณภาพภายในอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและการใช้ข้อมูลสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ อย่างไรก็ตาม สถานศึกษาหลายแห่งยังประสบปัญหาด้านการบริหารข้อมูลที่ไม่เป็นระบบ การมีส่วนร่วมของบุคลากรไม่ทั่วถึง และการนำผลการประเมินไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพยังไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้การดำเนินงานยังไม่บรรลุเป้าหมายการพัฒนาคุณภาพอย่างแท้จริง

โรงเรียนสันทรายวิทยาคม พบปัญหาด้านการเชื่อมโยงข้อมูลสารสนเทศ การติดตามผล และการบูรณาการการดำเนินงานของแต่ละฝ่าย ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบประกันคุณภาพภายใน แม้งานวิจัยที่ผ่านมาได้เสนอแนวทางการพัฒนาระบบประกันคุณภาพด้วยการบริหารเชิงระบบและการมีส่วนร่วม แต่ยังขาดรูปแบบการบริหารที่สอดคล้องกับบริบทของสถานศึกษาและสามารถบูรณาการการบริหารข้อมูล การมีส่วนร่วม และการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไว้ในรูปแบบเดียว จึงเกิดเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ที่ควรได้รับการศึกษา ผู้วิจัยจึงพัฒนารูปแบบการบริหาร BANCHUEN MODEL เพื่อพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในของโรงเรียนสันทรายวิทยาคมให้มีประสิทธิภาพ โดยมุ่งยกระดับการบริหารจัดการ การใช้ข้อมูลสารสนเทศ และการมีส่วนร่วมของบุคลากร อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และเป็นต้นแบบให้สถานศึกษาที่มีบริบทใกล้เคียงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการและกระบวนการจัดการศึกษาของสถานศึกษาให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ด้วย "BANCHUEN MODEL"
2. เพื่อพัฒนาให้สถานศึกษามีการวางแผน ดำเนินงาน ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการจัดการศึกษาอย่างเป็นระบบ สามารถนำผลไปปรับปรุงและพัฒนาได้
3. เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้เรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องว่า สถานศึกษาสามารถจัดการศึกษาได้อย่างมีคุณภาพและสงเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิดวงจรการควบคุมคุณภาพ

วงจรคุณภาพ PDCA (Plan–Do–Check–Act) เป็นแนวคิดการบริหารคุณภาพที่ได้รับการยอมรับและนำไปใช้ในการพัฒนาองค์กรอย่างแพร่หลาย โดยมีรากฐานจากแนวคิดของ Walter A. Shewhart ซึ่งพัฒนาวงจรการควบคุมคุณภาพในช่วงทศวรรษ 1930 และได้รับการเผยแพร่และพัฒนาอย่างเป็นระบบโดย W. Edwards Deming จนเป็นที่รู้จักในชื่อ Deming Cycle หรือ PDCA Cycle แนวคิดนี้มุ่งเน้นการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ผ่านกระบวนการดำเนินงานที่เป็นระบบ สามารถตรวจสอบประเมินผล และปรับปรุงการดำเนินงานได้อย่างสม่ำเสมอ (Deming, W. E. ,1986) วงจร PDCA ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผน (Plan : P) เป็นขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย วิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ปัญหา ความต้องการ และสาเหตุของปัญหา รวมทั้งกำหนดแนวทาง วิธีดำเนินงาน ทรัพยากร ผู้รับผิดชอบ และตัวชี้วัดความสำเร็จ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีทิศทางและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

2. การดำเนินงาน (Do : D) เป็นการนำแผนที่กำหนดไว้ไปปฏิบัติ โดยจัดสรรทรัพยากร ดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลและหลักฐานที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน เพื่อนำไปใช้ในการประเมินผลในขั้นตอนถัดไป

3. การตรวจสอบ (Check : C) เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการดำเนินงาน โดยเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับเป้าหมายและตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ วิเคราะห์จุดแข็ง จุดที่ควรพัฒนา และสาเหตุของปัญหา เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการปรับปรุงการดำเนินงาน

4. การปรับปรุงพัฒนา (Act : A) เป็นการนำผลการประเมินมาปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากผลการดำเนินงานประสบความสำเร็จ จะกำหนดเป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) และขยายผลสู่การดำเนินงานในรอบถัดไป ทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

สำหรับการพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา วงจร PDCA มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนกระบวนการบริหารคุณภาพ โดยเริ่มจากการวางแผนพัฒนาคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา การดำเนินงานตามแผน การกำกับติดตามและประเมินผล ตลอดจนการนำผลการประเมินมาปรับปรุงการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของกฎกระทรวงการประกันคุณภาพการศึกษา พ.ศ. 2561 ที่กำหนดให้สถานศึกษามีระบบการประกันคุณภาพภายในที่เน้นการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการบริหารจัดการ

3.2 แนวคิดและทฤษฎีชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community : PLC)

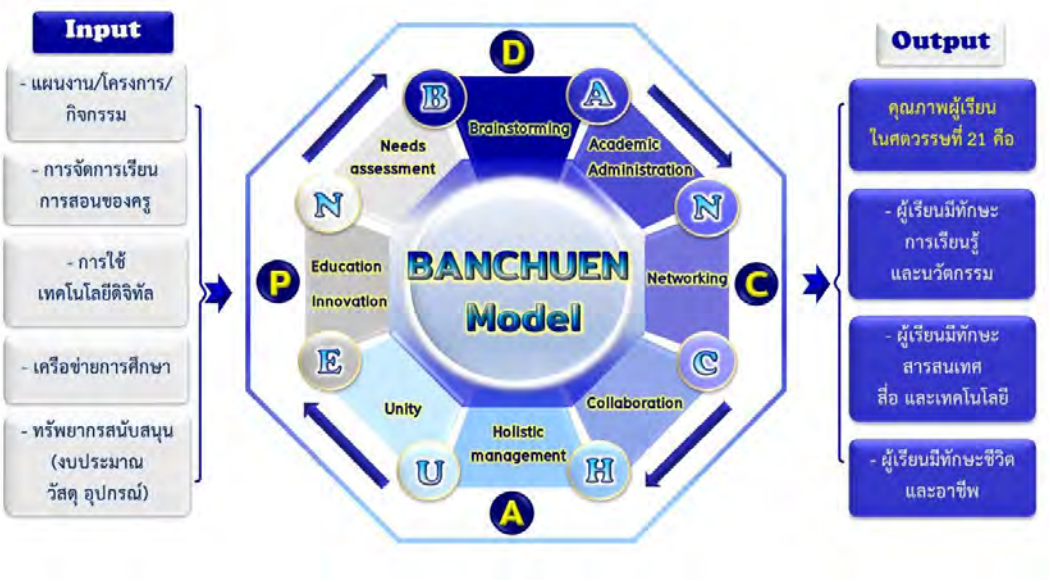
ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) เป็นแนวคิดการพัฒนาวิชาชีพครูและการบริหารสถานศึกษาที่มุ่งเน้นการสร้างวัฒนธรรมการทำงานร่วมกันของผู้บริหาร ครู และบุคลากรทางการศึกษา เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สะท้อนผลการปฏิบัติงาน และร่วมกันพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาโดยมีเป้าหมายสำคัญ คือ การยกระดับผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน แนวคิด PLC ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากแนวคิดองค์กรแห่งการเรียนรู้ (Learning Organization) และได้รับการยอมรับว่าเป็นกระบวนการสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาสถานศึกษาอย่างยั่งยืน

DuFour และ Eaker (1998) อธิบายว่า PLC คือ กระบวนการที่บุคลากรในสถานศึกษาร่วมกันเรียนรู้จากการปฏิบัติงาน แลกเปลี่ยนประสบการณ์ วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมกันแก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ต่อมา DuFour, DuFour และ Eaker (2008) ได้เสนอว่า PLC ที่มีประสิทธิภาพประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) การมุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน (Focus on Learning) 2) การสร้างวัฒนธรรมการทำงานแบบร่วมมือ (Collaborative Culture) และ 3) การมุ่งพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยใช้ผลการปฏิบัติงานเป็นฐาน (Results Orientation)

Hord (2015) กล่าวว่า PLC เป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ที่บุคลากรในโรงเรียนมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน มีการสนับสนุนภาวะผู้นำร่วม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาชีพ และใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการตัดสินใจและพัฒนางาน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับบุคคลและระดับองค์กร ขณะที่ Stoll และคณะ (2006) เสนอว่า PLC ที่มีประสิทธิภาพควรประกอบด้วยวิสัยทัศน์และค่านิยมร่วม การเรียนรู้ร่วมกัน การสะท้อนผลการปฏิบัติงาน การสนับสนุนซึ่งกันและกัน และการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ภายในองค์กร

ในบริบทของประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560) ได้นำแนวคิด PLC มาใช้เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาคุณภาพครูและสถานศึกษา โดยส่งเสริมให้ครูรวมกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้ วิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนการสอน ร่วมกันวางแผน ทดลองใช้แนวทางใหม่ สังเกตผล และสะท้อนผลการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยพัฒนาสมรรถนะของครู ลดการทำงานแบบต่างคนต่างทำ และสร้างวัฒนธรรมองค์กรแห่งการเรียนรู้

สำหรับการพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา แนวคิด PLC มีบทบาทสำคัญในการสร้างการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกฝ่ายในการกำหนดเป้าหมาย วางแผน ดำเนินงาน ติดตาม และสะท้อนผลการดำเนินงาน โดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ทำให้การประกันคุณภาพภายในไม่เป็นเพียงการจัดทำเอกสารเพื่อรองรับการประเมิน แต่เป็นกระบวนการพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างต่อเนื่อง



4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากรในการศึกษา ได้แก่ ครูและนักเรียน โรงเรียนสันทรายวิทยาคม จำนวน 2,137 คน

- กลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งได้มาโดยวิธีแบบเจาะจง ได้แก่ ครู จำนวน 30 คนและนักเรียน จำนวน 270 คน จำนวน 300 คน

4.2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยขับเคลื่อนการพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในผ่าน BANCHUEN MODEL ซึ่งบูรณาการเข้ากับแผนปฏิบัติการประจำปีของโรงเรียน และดำเนินงานผ่านโครงการและกิจกรรมของทุกกลุ่มบริหาร ภายใต้กระบวนการ PDCA และ PLC แบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัจจุบันและวิเคราะห์ปัญหา

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการจำเป็นของสถานศึกษา โดยศึกษาและวิเคราะห์เอกสารและข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องของโรงเรียน ได้แก่ รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (PQA) ผลการนิเทศภายใน แผนพัฒนาการศึกษา และผลการดำเนินงานตามมาตรฐานการศึกษา จากนั้นผู้วิจัยจัดประชุมผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้ากลุ่มบริหารงาน และหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ เพื่อร่วมกันวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ปัญหา อุปสรรค และความต้องการจำเป็น ตลอดจนร่วมกันพิจารณาและกำหนดประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางและดำเนินการพัฒนาในระยะต่อไป

ระยะที่ 2 พัฒนา BANCHUEN MODEL

ผู้วิจัยนำผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการจำเป็นจากระยะที่ 1 มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดการประกันคุณภาพการศึกษา วงจรการบริหารงานคุณภาพ PDCA การบริหารแบบมีส่วนร่วม และแนวคิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) เพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบและพัฒนารูปแบบ BANCHUEN MODEL ให้มีองค์ประกอบและกระบวนการที่สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของสถานศึกษา

จากนั้น ผู้วิจัยจัดประชุมเชิงปฏิบัติการโดยเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรทางการศึกษามีส่วนร่วมในการพิจารณา วิเคราะห์ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับองค์ประกอบและรายละเอียดของรูปแบบ BANCHUEN MODEL เพื่อให้รูปแบบมีความเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทของสถานศึกษา

ภายหลังการประชุมเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของรูปแบบ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา จากนั้นผู้วิจัยนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยผลการตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบและข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) เท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ระยะที่ 3 นำรูปแบบไปใช้

ผู้วิจัยนำรูปแบบ BANCHUEN MODEL ที่ผ่านการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแล้วไปทดลองใช้ในสถานศึกษา โดยบูรณาการรูปแบบเข้ากับแผนปฏิบัติการประจำปีของโรงเรียน และดำเนินงานผ่านโครงการและกิจกรรมของกลุ่มบริหารงานทั้ง 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มบริหารวิชาการ กลุ่มบริหารงบประมาณ กลุ่มบริหารงานบุคคล และกลุ่มบริหารทั่วไป เพื่อให้การดำเนินงานตามรูปแบบมีความสอดคล้องกับโครงสร้างการบริหารและบริบทของสถานศึกษาในการดำเนินงาน ผู้วิจัยร่วมกับผู้บริหารและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละองค์ประกอบและกิจกรรมของรูปแบบ ตลอดจนกำหนดเป้าหมาย ตัวชี้วัดความสำเร็จ และเกณฑ์การประเมินผลอย่างชัดเจน พร้อมทั้งจัดให้มีระบบกำกับ ติดตาม และประเมินผลการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการสะท้อนผลการดำเนินงาน ปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาการดำเนินงานตามรูปแบบ BANCHUEN MODEL ให้มีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

ระยะที่ 4 ประเมินผลและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

หลังการดำเนินงาน ผู้วิจัยประเมินผลการใช้ BANCHUEN MODEL ทั้งด้านความเหมาะสม ความเป็นไปได้ ความเป็นประโยชน์ และความพึงพอใจของผู้เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของระบบประกันคุณภาพภายใน และนำผลการประเมินเข้าสู่การประชุม PLC เพื่อสรุปบทเรียน (Lesson Learned) และจัดทำแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) สำหรับการพัฒนาในรอบปีถัดไป

4.3 การตรวจสอบคุณภาพ

- เครื่องมือแบบสังเกต,แบบบันทึกการนิเทศ,แบบประเมินการดำเนินงาน

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การติดตามการดำเนินงานระหว่างโครงการ

ผู้วิจัยติดตามความก้าวหน้าของโครงการและกิจกรรมตามแผนปฏิบัติการของโรงเรียน โดยตรวจสอบการดำเนินงานของแต่ละกลุ่มบริหารผ่านการนิเทศภายใน การประชุมคณะกรรมการดำเนินงาน และการประชุม PLC เพื่อให้ทราบความก้าวหน้า ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขระหว่างการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์

ผู้รับผิดชอบแต่ละโครงการรวบรวมหลักฐานการดำเนินงาน ได้แก่ คำสั่งแต่งตั้ง แผนงาน โครงการ รายงานการดำเนินงาน ภาพกิจกรรม รายชื่อผู้เข้าร่วม ผลงานของผู้เรียน รายงานการประชุม และเอกสารประกอบอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับตัวชี้วัดของโครงการและมาตรฐานการศึกษาของสถานศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการ

เมื่อสิ้นสุดการดำเนินงาน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินผลการดำเนินงาน เพื่อประเมินผลตามตัวชี้วัดของแต่ละโครงการ

ขั้นตอนที่ 4 การสังเคราะห์และสรุปผล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากทุกแหล่ง ได้แก่ เอกสาร แบบประเมิน แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และการสังเกต มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบร่วมกัน เพื่อสรุประดับความสำเร็จของโครงการและกิจกรรม รวมทั้งจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในในปีการศึกษาถัดไป

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

ค่าร้อยละ ใช้ประเมินระดับความสำเร็จของโครงการ

5. ผลการวิจัย

ผลการศึกษามาตรฐานด้านคุณภาพผู้เรียน กระบวนการบริหารและการจัดการ และกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินมาตรฐานที่ 1 คุณภาพของผู้เรียน จำแนกตามรายประเด็นพิจารณา

มาตรฐานที่ 1 / ประเด็นการพิจารณา	**สรุปผลการประเมินรายประเด็นพิจารณา**
ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของผู้เรียน ประกอบด้วย 6 ประเด็นพิจารณา	
1) สมรรถนะพื้นฐาน (นักเรียนระดับชั้นม.3 และ ม.6)	66.95
2) สมรรถนะหลัก (นักเรียนระดับชั้นม.3 และ ม.6)	77.97

3) มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรม	79
4) มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	86
5) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรสถานศึกษา	74.07
6) มีความรู้ ทักษะพื้นฐาน และเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ	85.67
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน ประกอบด้วย 4 ประเด็นพิจารณา	
1) การมีคุณลักษณะและค่านิยมที่ดีตามที่สถานศึกษากำหนด	96
2) ความภูมิใจในท้องถิ่นและความเป็นไทย ผู้เรียนความภูมิใจในท้องถิ่นและความเป็นไทย	96
3) การยอมรับที่จะอยู่ร่วมกันบนความแตกต่างและหลากหลาย	96
4) สุขภาวะทางร่างกาย และจิตสังคม	84
สรุปผลการประเมิน มาตรฐานที่ 1 คุณภาพผู้เรียน	**85.64**

จากผลการประเมินมาตรฐานที่ 1 พบว่า โรงเรียนสันทรายวิทยาคมมีผลการดำเนินงานด้านคุณภาพผู้เรียนโดยรวมอยู่ในระดับ ร้อยละ 85.64 สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานการศึกษาที่กำหนด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียน มีผลการประเมินอยู่ในระดับสูง โดยผู้เรียนมีคุณลักษณะและค่านิยมที่ดีตามสถานศึกษากำหนด ความภาคภูมิใจในท้องถิ่นและความเป็นไทย การยอมรับความแตกต่างและอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข มีผลการประเมินร้อยละ 96.00 เท่ากันทั้ง 3 ประเด็น ขณะที่ด้านสุขภาวะทางร่างกายและจิตสังคมอยู่ที่ร้อยละ 84.00 สำหรับด้านผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 86.00 รองลงมา ได้แก่ การมีความรู้ ทักษะพื้นฐาน และเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ ร้อยละ 85.67 การสร้างนวัตกรรม ร้อยละ 79.00 สมรรถนะหลัก ร้อยละ 77.97 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตร ร้อยละ 74.07 และสมรรถนะพื้นฐานด้านการอ่าน การเขียน และการคิดคำนวณ มีผลการประเมินต่ำที่สุด ร้อยละ 66.95

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินมาตรฐานที่ 2 กระบวนการบริหารและการจัดการ จำแนกตามรายประเด็นพิจารณา

มาตรฐานที่ 2 ประเด็นการพิจารณา	สรุปผลการประเมิน รายประเด็นพิจารณา
1) มีเป้าหมายวิสัยทัศน์และพันธกิจที่สถานศึกษา กำหนด ชัดเจน สอดคล้องกับบริบทของสถานศึกษาสามารถปฏิบัติได้จริง	5
2) มีระบบบริหารจัดการคุณภาพของสถานศึกษา ที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาตามมาตรฐานของสถานศึกษา	5
3) มีการดำเนินงานพัฒนาวิชาการที่เน้นคุณภาพผู้เรียนอย่างรอบด้านตามหลักสูตรสถานศึกษาและทุกกลุ่มเป้าหมาย	5
4) มีการพัฒนาครูและบุคลากรให้มีความเชี่ยวชาญทางวิชาชีพ	5

มาตรฐานที่ 2 ประเด็นการพิจารณา	สรุปผลการประเมิน รายประเด็นพิจารณา
5) มีการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพและสังคมที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ	5
6) มีการจัดระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการและการจัดการเรียนรู้	5
สรุปภาพรวมประเด็นการพิจารณา มาตรฐานที่ 2 กระบวนการบริหารและการจัดการ	**5**

จากผลการประเมินมาตรฐานที่ 2 พบว่า โรงเรียนสันทรายวิทยาคมมีผลการดำเนินงานด้านกระบวนการบริหารและการจัดการ อยู่ในระดับ 5 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการบริหารจัดการของสถานศึกษามีประสิทธิภาพ เป็นระบบ และสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินมาตรฐานที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จำแนกตามรายประเด็นพิจารณา

มาตรฐานที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนการสอน ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	สรุปผลการประเมิน รายประเด็นพิจารณา
1) จัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติจริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้	**93**
2) ใช้สื่อ เทคโนโลยีสารสนเทศและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้	**93.50**
3) มีการบริหารจัดการชั้นเรียนเชิงบวก	**91**
4) ตรวจสอบและประเมินผู้เรียนอย่างเป็นระบบและนำผลมาพัฒนาผู้เรียน	**86**
5) มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้	**86**
สรุปผลการประเมิน มาตรฐานที่ 3 กระบวนการจัดการเรียนการสอน ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	**89.90**

จากผลการประเมินมาตรฐานที่ 3 พบว่า โรงเรียนสันทรายวิทยาคมมีผลการดำเนินงานด้านกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยรว มีผลการประเมินเฉลี่ย ร้อยละ 89.90 แสดงให้เห็นว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะที่จำเป็นตามหลักสูตร ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ

เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า การใช้สื่อ เทคโนโลยีสารสนเทศ และแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ มีผลการประเมินสูงที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 93.50 รองลงมา ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดและการปฏิบัติจริง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตได้ คิดเป็น ร้อยละ 93.00 และ การบริหารจัดการชั้นเรียน

เชิงบวก คิดเป็น ร้อยละ 91.00 สะท้อนให้เห็นว่าครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาผู้เรียน

สำหรับประเด็น การตรวจสอบและประเมินผู้เรียนอย่างเป็นระบบและนำผลมาพัฒนาผู้เรียน และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการให้ข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ มีผลการประเมินร้อยละ 86.00 เท่ากัน แม้อยู่ในระดับยอดเยี่ยม แต่ยังเป็นประเด็นที่สถานศึกษาควรส่งเสริมให้มีความเข้มแข็งมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการใช้ข้อมูลผลการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนรายบุคคล และการสร้างวัฒนธรรมการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการ Professional Learning Community (PLC) และการนิเทศภายในอย่างต่อเนื่อง

6. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษาด้วย BANCHUEN MODEL สามารถยกระดับคุณภาพการบริหารและการจัดการศึกษาของโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิผล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรูปแบบดังกล่าวเปิดโอกาสให้ผู้บริหาร ครู และบุคลากรทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในการวางแผน ดำเนินงาน ติดตาม และประเมินผลตามวงจร PDCA (Plan–Do–Check–Act) ทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสามารถปรับปรุงพัฒนาได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของ Deming (1986) ที่อธิบายว่า การพัฒนาคุณภาพองค์กรต้องอาศัยการวางแผน การปฏิบัติ การตรวจสอบ และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จึงจะก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ผลการประเมินมาตรฐานที่ 2 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ระดับคุณภาพ 5 สะท้อนว่าระบบการบริหารจัดการของโรงเรียนมีความชัดเจนและมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านการกำหนดวิสัยทัศน์ การบริหารคุณภาพ การพัฒนาครู การจัดสภาพแวดล้อม และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทั้งนี้เป็นผลจากการนำ BANCHUEN MODEL มาใช้เป็นกรอบการบริหาร โดยบูรณาการการดำเนินงานผ่านโครงการ กิจกรรม และการนิเทศภายในอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้บุคลากรมีความเข้าใจบทบาทหน้าที่และสามารถดำเนินงานตามมาตรฐานการศึกษาได้อย่างเป็นรูปธรรม

สำหรับมาตรฐานที่ 3 พบว่าครูมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และสามารถใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาครูผ่านกระบวนการ Professional Learning Community (PLC) การนิเทศภายใน และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ทำให้ครูสามารถพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิดของ DuFour และ Eaker (1998) ที่กล่าวว่า PLC เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนและผลลัพธ์ของผู้เรียน

ด้านมาตรฐานที่ 1 แม้ว่าผลการประเมินโดยรวมจะอยู่ในระดับยอดเยี่ยม แต่ยังพบว่าทักษะพื้นฐานด้านการอ่าน การเขียน และการคิดคำนวณ รวมถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบางด้านยังมีค่าต่ำกว่าประเด็นอื่น จึงควรนำผลการประเมินดังกล่าวไปใช้วางแผนพัฒนาผู้เรียนรายบุคคล ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และใช้ข้อมูลสารสนเทศในการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น

โดยสรุป ผลการวิจัยยืนยันว่า BANCHUEN MODEL เป็นรูปแบบการบริหารที่มีประสิทธิผลในการพัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา เนื่องจากส่งเสริมการบริหารแบบมีส่วนร่วม การใช้ข้อมูลสารสนเทศในการตัดสินใจ การดำเนินงานตามวงจร PDCA และการพัฒนาวิชาชีพครูผ่านกระบวนการ PLC

จนก่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน คุณภาพการบริหารจัดการ และคุณภาพการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการประกันคุณภาพการศึกษาตามกฎกระทรวงการประกันคุณภาพการศึกษา พ.ศ. 2561 และเป้าหมายของการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความยั่งยืน

7. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2561). แนวทางการดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาตามกฎกระทรวงการประกันคุณภาพการศึกษา พ.ศ. 2561. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). แนวทางการประเมินคุณภาพภายในของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). กฎกระทรวงการประกันคุณภาพการศึกษา พ.ศ. 2561. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 135 ตอนที่ 11 ก.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562. (2562). ราชกิจจานุเบกษา.

Best, J. W., & Kahn, J. V. (2016). Research in education (10th ed.). Pearson.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

Deming, W. E. (1986). Out of the crisis. MIT Press.

DuFour, R., & Eaker, R. (1998). Professional learning communities at work: Best practices for enhancing student achievement. Solution Tree Press.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อการเกษตร ในตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

ศิริวัฒนา สุวรรณราช[1*] สุกิจ กันจินะ[1] จุฑาทิพย์เฉลิมผล[1] และ แสงทิวา สุริยงค์[2]

[1] ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
*E-mail: zamfoz@gmail.com, sir_namfon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของกลุ่มผู้ใช้น้ำในตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่นอกเขตชลประทานจำนวน 150 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการทดสอบ Kruskal-Wallis พร้อมการทดสอบความแตกต่างภายหลังแบบ Dunn ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ในตำแหน่งกลางคลองส่งน้ำเป็นกลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงพอที่สุด (ร้อยละ 74.50) เข้าร่วมระบบจัดสรรน้ำมากที่สุด (ร้อยละ 70.50) และมีโครงสร้างคลองที่พัฒนามากที่สุด ในขณะที่เกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ในตำแหน่งต้นคลองส่งน้ำได้รับผลลัพธ์ด้อยกว่าในทั้งสามด้าน รวมทั้งยังมีรายได้ติดลบมากที่สุด ทั้งนี้การที่เกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ในตำแหน่งต้นคลองได้รับผลลัพธ์ด้อยกว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ในตำแหน่งกลางคลองและปลายคลองส่งน้ำเป็นผลสืบเนื่องมาจากข้อจำกัดของการจัดสรรน้ำภายในกลุ่มย่อยมากกว่าการขาดประสิทธิภาพในเชิงโครงสร้างของการจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำในภาพรวม

คำสำคัญ: การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตร, กลุ่มผู้ใช้น้ำ, ลำปาง

Efficiency of Agricultural Water Management by the Water User Group in Namjo Sub-district, Maetha District, Lampang Province

Siriwattana Suwannarach[1*] Sukit Kanjina[1] Juthathip Chalermphol[1] and Sangtiwa Suriyong[2]

[1] Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

*E-mail: sir_namfon@hotmail.com

Abstract

This study assessed the efficiency of agricultural water management by the water user group in Namjo Sub-district, Maetha District, Lampang Province. Data were collected through interviews with 150 farmers who were members of the water user group and whose cultivated plots lay outside the irrigation zone. The data were analyzed using descriptive statistics (percentage and mean) and the Kruskal-Wallis test with Dunn's post-hoc comparisons. The results showed that farmers whose plots were located at the middle of the main water delivery canal formed the group with the highest water sufficiency (74.50%), the highest participation in the water allocation system (70.50%), and the most developed canal infrastructure, whereas farmers whose plots were located at the head of the main canal experienced poorer outcomes across all three aspects and also recorded the most negative net income. The disadvantage of the head-of-canal farmers relative to those at the middle and tail positions stemmed from constraints in water allocation within the local allocation arrangement rather than from any structural lack of efficiency in the water user group's water management as a whole.

Keywords: Agricultural water management, water user group, Lampang

1. บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยการผลิตที่กำหนดทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในระบบเกษตรกรรมของประเทศไทย โดยเฉพาะการปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทานที่ไม่มีระบบส่งน้ำของรัฐรองรับ การบริหารจัดการน้ำในระดับชุมชนยิ่งเป็นกลไกสำคัญที่กำหนดว่าเกษตรกรรายใดจะได้รับน้ำในปริมาณและช่วงเวลาที่เหมาะสม การประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่เช่นนี้จึงมีความสำคัญทั้งเชิงนโยบายและเชิงทฤษฎี

หมู่บ้าน ม.4 และ ม.9 ในตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง เป็นพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทานที่ไม่ได้รับน้ำจากระบบชลประทานของรัฐ แต่พึ่งพาแหล่งน้ำในท้องถิ่นและสถานีสูบน้ำของชุมชน ซึ่งตั้งอยู่ในเขต ม.9 เกษตรกรในพื้นที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อจัดสรรน้ำจากสถานีสูบผ่านคลองส่งน้ำสายหลักไปยังพื้นที่เพาะปลูก และการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มดำเนินไปโดยอาศัยกติกาและการมีส่วนร่วมของสมาชิกเป็นหลัก งานศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มผู้ใช้น้ำในประเทศไทยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งไปที่รูปแบบการจัดการกลุ่มและกระบวนการมีส่วนร่วมของสมาชิก ส่วนการประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบตามกรอบที่พิจารณาโครงสร้างพื้นฐาน การจัดการเชิงสถาบัน และผลลัพธ์ของการส่งน้ำไปพร้อมกันอย่างที่ Lam (1998) เสนอไว้ ยังมีอยู่จำกัด ที่สำคัญคือยังไม่พบงานที่เปรียบเทียบผลลัพธ์ตามตำแหน่งต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลองในพื้นที่นอกเขตชลประทาน ทั้งที่ข้อได้เปรียบตามตำแหน่งคลองเป็นข้อสรุปที่ยอมรับกันในบริบทของระบบชลประทานที่มีโครงสร้างและกติกาการจัดสรรที่เป็นทางการ ช่องว่างดังกล่าวเป็นที่มาของการศึกษาครั้งนี้

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ได้แก่ (1) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรของกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานของตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ตามกรอบสามมิติของ Lam (1998) และ (2) เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์การบริหารจัดการน้ำทั้งสามมิติระหว่างเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในตำแหน่งต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลองส่งน้ำสายหลัก ผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดแนวทางสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เกษม จันทร์แก้ว (2539) นิยามการจัดการทรัพยากรน้ำว่าเป็นการดำเนินงานในพื้นที่รับประโยชน์จากน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ครอบคลุมตั้งแต่การจัดหา การพัฒนา การเก็บรักษา ไปจนถึงการฟื้นฟูแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม โดยมุ่งให้เกิดผลยั่งยืนทั้งต่อมนุษย์และธรรมชาติ ประสิทธิภาพในความหมายนี้จึงไม่ใช่เพียงการมีน้ำให้ใช้ แต่เป็นการทำให้ทุกขั้นตอนของการจัดการเกิดผลคุ้มค่าและต่อเนื่อง ประสิทธิ์ ประคองศรี (2551) ขยายนิยามดังกล่าวด้วยมิติเชิงธรรมาภิบาล โดยชี้ว่าการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพต้องตรงกับความต้องการของผู้ใช้น้ำ มีความโปร่งใสและเป็นธรรมในการจัดสรร และเปิดให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าร่วมตั้งแต่

การวางแผนจนถึงการดำเนินการ มุมมองนี้เชื่อมประสิทธิภาพเข้ากับการมีส่วนร่วมและความเป็นธรรมในการเข้าถึงน้ำ ซึ่งเป็นประเด็นที่กลับมามีน้ำหนักในผลการศึกษาครั้งนี้

ในเชิงพื้นที่ Chambers (1988) ตั้งข้อสังเกตจากระบบชลประทานในเอเชียใต้ว่าเกษตรกรที่ครอบครองที่ดินบริเวณต้นคลองมีข้อได้เปรียบเชิงโครงสร้างเหนือเกษตรกรปลายคลอง ทั้งในด้านปริมาณน้ำที่ได้รับ ความตรงเวลา และผลผลิตที่ตามมา เนื่องจากน้ำไหลผ่านแปลงต้นคลองก่อน ผู้อยู่ต้นน้ำจึงดึงน้ำเข้าแปลงได้ก่อนผู้อื่น Bastakoti and Shivakoti (2012) ทดสอบรูปแบบเดียวกันในระบบชลประทานของเนปาล และยืนยันว่าการเอื้อประโยชน์ตามตำแหน่งคลองปรากฏชัดในระบบที่มีโครงสร้างกายภาพและกติกาการจัดสรรที่เป็นทางการ

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพอย่างเป็นระบบ Lam (1998) เสนอกรอบที่มีการพิจารณาในสามมิติไปพร้อม ๆ กัน ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ การจัดการเชิงสถาบัน และผลลัพธ์ของการส่งน้ำ โดยมิติการส่งน้ำครอบคลุมความพอเพียงของน้ำ ความเท่าเทียมของการจัดสรร และความเชื่อถือได้ของกำหนดการส่งน้ำ ส่วนผลผลิตและรายได้ของเกษตรกรถือเป็นผลลัพธ์ปลายทางที่บ่งบอกว่าโครงสร้างกายภาพและสถาบันทำงานสอดประสานกันเพียงใด จุดเด่นของกรอบนี้อยู่ที่การประเมินทุกมิติร่วมกัน ทำให้เห็นว่าระบบหนึ่ง ๆ มีความครบถ้วนเพียงใดและมีช่องว่างอยู่ที่จุดใด การศึกษานี้จึงใช้กรอบของ Lam เป็นกรอบในวิเคราะห์

ในส่วนของการจัดการเชิงสถาบันที่ในบางพื้นที่ประสบผลสำเร็จ และในบางพื้นที่ไม่ประสบผลสำเร็จนั้น Ostrom (1990) ชี้ว่า สถาบันท้องถิ่นสามารถบริหารทรัพยากรร่วม เช่น น้ำ ได้อย่างยั่งยืนโดยไม่ต้องพึ่งพาการควบคุมจากรัฐทั้งหมด แต่ความสำเร็จขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเชิงสถาบัน โดยเฉพาะการกำหนดขอบเขตของทรัพยากรและสมาชิกผู้มีสิทธิ์ใช้ให้ชัดเจน กฎการใช้และดูแลรักษาที่สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของสมาชิกในการออกกฎระเบียบและปรับแก้กฎระเบียบดังกล่าว และกลไกการสอดส่องและการลงโทษที่เหมาะสม

งานวิจัยในประเทศไทยระยะหลังให้ภาพที่สอดคล้องกับข้อเสนอของ Ostrom เชาวลิต สิมสวย (2565) สำรวจกลุ่มบริหารจัดการน้ำผิวดิน 20 กลุ่มในจังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งร้อยละ 94.42 ของพื้นที่อยู่นอกเขตชลประทาน และสรุปปัจจัยเชิงสถาบันที่จำเป็นต่อความสำเร็จไว้ 9 ประการ เขมิกา วรทิธิ์วุฒิกุล และคณะ (2568) ศึกษาองค์กรผู้ใช้น้ำบ้านวังฟ่อน จังหวัดแพร่ และชี้ว่าการเข้าถึงตารางการเปิด-ปิดน้ำและระบบค่าน้ำผูกอยู่กับสถานะการเป็นสมาชิกที่ลงทะเบียนอย่างเป็นทางการ ขณะที่สมคิด แก้วทิพย์ และคณะ (2568) เสนอเส้นทางการพัฒนาองค์กรจัดการน้ำระดับหมู่บ้านในพื้นที่นอกเขตชลประทานจากกรณีบ้านแม่แดดน้อย จังหวัดเชียงใหม่ ในด้านปัจจัยที่กำหนดการมีส่วนร่วม ยุภาพร อำนาจ และคณะ (2566) พบว่าประเภทการถือครองที่ดินและบทบาทผู้นำชุมชนจำแนกระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรได้ ส่วนสมเดช วรรณก้อน และคณะ (2567) พบว่าเพศเป็นปัจจัยส่วนบุคคลเพียงตัวแปรเดียวที่ส่งผลต่อระดับการมีส่วนร่วมอย่างมีนัยสำคัญ

งานเหล่านี้ชี้ตรงกันว่าเงื่อนไขเชิงสถาบันเป็นตัวกำหนดผลลัพธ์การจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทาน แต่ยังไม่มีงานใดจำแนกผลลัพธ์ตามตำแหน่งบนคลองส่งน้ำ ซึ่งเป็นช่องว่างที่การศึกษานี้เข้าไปเติม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานของตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ซึ่งครอบคลุม ม.4 และ ม.9 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 401 ครัวเรือน ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane (อ้างใน นิคม, 2550) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอมรับให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง (e) ที่ 0.07 เนื่องจากประชากร คือ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มผู้ใช้น้ำ มีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่คล้ายคลึงกัน (บุญธรรม, 2546) จากการคำนวณได้จำนวนของกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มผู้ใช้น้ำอย่างน้อย 135.25 ครัวเรือน ทั้งนี้ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากตัวแทนครัวเรือน ครัวเรือนละ 1 คน จาก 150 ครัวเรือน รวมเป็นจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 150 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน เพื่อระบุครัวเรือนที่จะทำการเก็บข้อมูล และดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2567 ถึง เดือนมีนาคม 2568

ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structured interview) โดยแบบสัมภาษณ์ครอบคลุมข้อมูลเชิงประชากร ลักษณะการทำนา การจัดการน้ำ ผลผลิต และต้นทุน ในการวิเคราะห์ผลตามตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกบนตำแหน่งคลองส่งน้ำ แบบสัมภาษณ์ผ่านการพิจารณาร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาในระหว่างการพัฒนา เพื่อให้ข้อคำถามครอบคลุมและตอบวัตถุประสงค์การวิจัย จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ปรับแก้แล้วไปทดสอบจำนวน 20 ชุดกับผู้ให้ข้อมูลที่มีบริบทใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา แบ่งเป็นคณะกรรมการบริหารศูนย์บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบลน้ำโจ้ หมู่บ้านละ 1 คน จำนวน 10 ชุด และเกษตรกรที่ใช้น้ำจากระบบสูบน้ำพลังงานไฟฟ้าในตำบลวังเงินและตำบลนาครัว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง จำนวน 10 ชุด การทดสอบมุ่งตรวจสอบว่าผู้ให้ข้อมูลเข้าใจข้อคำถามตรงตามที่ผู้วิจัยต้องการหรือไม่ และข้อคำถามสอดคล้องกับสภาพการปลูกข้าวในพื้นที่เพียงใด ผู้วิจัยนำความคิดเห็นที่ได้มาปรับถ้อยคำและรายการข้อคำถามให้ตรงกับการปฏิบัติจริงของเกษตรกรมากขึ้น เนื่องจากแบบสัมภาษณ์ชุดนี้บันทึกข้อเท็จจริงและพฤติกรรมเป็นหลัก เช่น พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต ต้นทุน และการมีหรือไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ โดยไม่มีข้อคำถามที่วัดความรู้หรือความคิดเห็นในรูปมาตรประมาณค่า การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจึงใช้แนวทางข้างต้น แทนการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับมาตรวัดเชิงเจตคติ

ผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะเกษตรกรที่ระบุว่าพื้นที่เพาะปลูกของตนตั้งอยู่ในตำแหน่งเดียว (ต้นคลอง กลางคลอง หรือปลายคลอง) ทำให้กลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ผลรายแปลงมีจำนวน 104 ราย แบ่งเป็นตำแหน่งต้นคลอง 25 ราย ตำแหน่งกลางคลอง 52 ราย และตำแหน่งปลายคลอง 27 ราย เกษตรกรที่ระบุตำแหน่งแปลงมากกว่าหนึ่งตำแหน่งจำนวน 46 ราย ถูกตัดออกจากการวิเคราะห์รายแปลง เนื่องจากไม่

สามารถเชื่อมโยงผลลัพธ์รายแปลง (ความเพียงพอของน้ำ ความเสียหาย รายได้) กับตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกบนคลองส่งน้ำตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจัดกลุ่มตัวแปรในการศึกษาตามกรอบสามมิติของ Lam (1998) ดังนี้

มิติที่ 1 ผลลัพธ์ของการส่งน้ำ ประกอบด้วย ความเพียงพอของน้ำ (1 = ไม่เพียงพอ, 2 = เพียงพอ) ความตรงเวลาของการส่งน้ำ (1 = ไม่ตรงเวลา, 2 = ตรงเวลา) ความเสียหายจากน้ำขาดแคลน (1 = ไม่เกิดความเสียหาย, 2 = เกิดความเสียหาย) และความเสียหายจากน้ำมาช้า (ใช้รหัสเดียวกัน)

มิติที่ 2 การจัดการเชิงสถาบัน ประกอบด้วย ระบบจัดสรรน้ำแบบมีตาราง (1 = ไม่มี, 2 = มี) การหมุนเวียนน้ำในฤดูฝน การหมุนเวียนน้ำในฤดูแล้ง ค่าน้ำที่จ่ายต่อปีรวม (บาท) จำนวนการประชุมที่จัดต่อปี จำนวนการประชุมที่เข้าร่วมต่อปี จำนวนกิจกรรมฝึกอบรมด้านน้ำ และจำนวนกิจกรรมฝึกอบรมด้านการเกษตร

มิติที่ 3 โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ ใช้รหัสประเภทคลองที่เกษตรกรรายงาน เรียงลำดับจาก 1 (คลองดินทั้งหมด) ถึง 4 (คลองคอนกรีตเฉพาะคลองหลัก)

ตัวแปรผลผลิตทางเศรษฐกิจ ประกอบด้วย พื้นที่ปลูกข้าว (ไร่) ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม) รายได้รวมจากการขายข้าว (บาท) ต้นทุนปุ๋ยเคมีต่อไร่ ต้นทุนรวมต่อไร่ และรายได้สุทธิต่อไร่ สำหรับตัวแปรเชิงประชากรประกอบด้วย เพศ อายุ จำนวนปีการศึกษา (การศึกษาในระบบ) จำนวนสมาชิกครัวเรือน จำนวนแรงงานในครัวเรือน ประสบการณ์ทำนา และการมีรายได้นอกภาคเกษตร

ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ตัวแปรในการศึกษาส่วนใหญ่มีการกระจายที่ไม่ปกติและขนาดกลุ่มตัวอย่างต่อกลุ่มมีจำนวนไม่มาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติ non-parametric ในการเปรียบเทียบตำแหน่งพื้นที่แปลงเพาะปลูกบนคลองส่งน้ำทั้งสามกลุ่ม (ต้นคลอง กลางคลอง หรือปลายคลอง) การทดสอบหลักคือการทดสอบ Kruskal-Wallis (KW) สำหรับตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรลำดับ และการทดสอบ chi-square สำหรับตัวแปรกลุ่ม (เพศ) เมื่อการทดสอบ omnibus ของ Kruskal-Wallis มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผู้วิจัยจึงดำเนินการทดสอบติดตามแบบ Dunn พร้อมการปรับแก้ Bonferroni เพื่อระบุคู่ของกลุ่มที่แตกต่างกัน ขนาดอิทธิพล (effect size) ของการทดสอบ Kruskal-Wallis รายงานเป็น epsilon-squared (ε^2) และของการทดสอบ chi-square รายงานเป็น Cramér's V

4. ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ พบว่า เกษตรกรทั้งสามกลุ่มมีอายุเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60.70 ถึง 61.60 ปี ประสบการณ์ทำนาเฉลี่ย 28-29 ปี และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.30-3.70 คน โดยไม่พบความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสามกลุ่มในตัวชี้วัดเหล่านี้ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความใกล้เคียงกันในลักษณะพื้นฐาน

สำหรับตัวแปรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศและจำนวนปีการศึกษา เกษตรกรกลุ่มต้นคลองเป็นเพศหญิงสูงถึงร้อยละ 80.00 ในขณะที่กลุ่มกลางและปลายคลองอยู่ที่ร้อยละ 48.08 และร้อยละ 37.00 ตามลำดับ (χ^2 = 10.58, p = .005, V = 0.32) ในด้านการศึกษา จำนวนปีการศึกษาเฉลี่ยของกลุ่มต้นคลองอยู่ที่ 8.68 ปี สูงกว่ากลุ่มกลางที่ 6.69 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (H = 8.89, p = .012; Dunn ต้น-กลาง p = .01) ส่วนกลุ่มปลายคลองอยู่ในระดับกลางที่ 7.58 ปี โดยไม่แตกต่างจากทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างในระดับหมู่บ้าน พบว่ากลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่อาศัยอยู่ใน ม.4 (ร้อยละ 88.00) ขณะที่กลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักมีสัดส่วนผู้อาศัยใน ม.9 มากกว่า (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหมู่บ้านที่ระบุสะท้อนถึงถิ่นที่อยู่ของเกษตรกรมากกว่าที่ตั้งของพื้นที่เพาะปลูก และเกษตรกรระบุตำแหน่งแปลงโดยอ้างอิงกับคลองส่งน้ำสายหลัก การวิเคราะห์ในส่วนถัดไปจึงใช้ตำแหน่งคลองส่งน้ำสายหลักเป็นปัจจัยจำแนกหลัก

ตารางที่ 1 ลักษณะของเกษตรกร จำแนกตามตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกบนคลองส่งน้ำสายหลัก

ตัวแปร	ต้นคลอง	กลางคลอง	ปลายคลอง	สถิติทดสอบ
เพศหญิง (ร้อยละ)	80.00	48.08	37.04	χ^2 = 10.58, p = .005, V = 0.32
อายุ (เฉลี่ย; ปี)	60.84	61.63	60.70	H = 0.49, p = .781
จำนวนปีการศึกษา (เฉลี่ย; ปี)	8.68	6.69	7.58	H = 8.89, p = .012, ε^2 = 0.07
จำนวนสมาชิกครัวเรือน (เฉลี่ย; คน)	3.28	3.67	3.48	H = 1.16, p = .561
จำนวนแรงงานในครัวเรือน (เฉลี่ย; คน)	1.96	1.96	1.78	H = 1.75, p = .417
ประสบการณ์ทำนา (เฉลี่ย; ปี)	28.60	29.29	29.26	H = 0.15, p = .929
การมีรายได้นอกภาคเกษตร (ร้อยละ)	0.00	7.69	3.70	ไม่ได้ทดสอบ
หมู่บ้าน ม.4 / ม.9 (n)	22 / 3	21 / 31	20 / 7	χ^2 = 18.81, p < .001, V = 0.43

หมายเหตุ: n = 104 (ต้นคลอง 25, กลางคลอง 52, ปลายคลอง 27) จำนวนปีการศึกษามีข้อมูลครบ 25, 51 และ 26 ราย และจำนวนแรงงานในครัวเรือนมีข้อมูลครบ 23, 52 และ 27 ราย ตามลำดับ ตัวแปรการมีรายได้นอกภาคเกษตรไม่ได้ทดสอบด้วยสถิติไคสแควร์ เนื่องจากมีเซลล์ที่มีความถี่คาดหวังต่ำกว่า 5 ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบ

4.2 ผลลัพธ์ด้านการส่งน้ำ (มิติที่ 1 ตามกรอบของ Lam)

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านการส่งน้ำตามตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกบนคลองส่งน้ำ ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ต้นคลองส่งน้ำได้รับผลลัพธ์ด้านการส่งน้ำที่น้อยที่สุด

ในทุกตัวชี้วัดของมิตินี้ ส่วนเกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่กลางคลองส่งน้ำได้รับผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นรูปแบบที่ขัดกับการคาดการณ์ตามทฤษฎีของการบริหารน้ำในเขตชลประทาน

ในด้านความเพียงพอของน้ำ เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักที่รายงานว่าได้รับน้ำเพียงพอมีเพียงร้อยละ 29.20 ต่ำกว่ากลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักที่สูงถึงร้อยละ 74.50 อย่างชัดเจน ($H = 13.84$, $p = .001$, $\varepsilon^2 = 0.12$; Dunn ต้น-กลาง $p = .001$) ส่วนเกษตรกรกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลักมีผลลัพธ์ที่อยู่ระหว่างทั้งสองกลุ่มก่อนหน้านี้ ที่ร้อยละ 56.50 ผลลัพธ์ในด้านความตรงเวลาของการส่งน้ำก็พบว่า มีลักษณะเช่นเดียวกัน โดยเกษตรกรกลุ่มต้น กลาง และปลายคลองส่งน้ำสายหลัก รายงานว่าได้รับน้ำตรงเวลาที่ร้อยละ 30.00, 71.10 และ 42.90 ตามลำดับ ($H = 10.87$, $p = .004$)

ในด้านความเสียหายของผลผลิตจากปัญหาน้ำ เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักได้รับความเสียหายจากน้ำขาดแคลนสูงถึงร้อยละ 80.00 เทียบกับร้อยละ 36.50 ในกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลัก และร้อยละ 66.70 ในกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลัก ($H = 14.80$, $p < .001$, $\varepsilon^2 = 0.13$) ความเสียหายจากน้ำมาถึงช้าให้ค่าตรงกันทุกตำแหน่ง (ร้อยละ 80.00, 36.54 และ 66.67 ตามลำดับ; $H = 14.80$, $p < .001$, $\varepsilon^2 = 0.13$) เนื่องจากเกษตรกร 148 รายจาก 150 ราย ในพื้นที่นอกเขตชลประทานตอบคำถามทั้งสองข้อไปในทิศทางเดียวกัน ตัวชี้วัดทั้งสองจึงสะท้อนประสบการณ์ความเสียหายในลักษณะเดียวกัน มากกว่าจะเป็นหลักฐานสองชุดที่ยืนยันซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ข้อมูลภาคตัดขวางที่ใช้ในการศึกษาไม่อาจระบุสาเหตุของความเสียหายดังกล่าวได้

จุดสังเกตที่สำคัญจากการทดสอบความแตกต่างภายหลังแบบ Dunn พร้อมการปรับแก้ Bonferroni คือ ความแตกต่างระหว่างตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ต้นคลองส่งน้ำและปลายคลองส่งน้ำสายหลักไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสี่ตัวชี้วัด (Dunn $p > .10$ ทุกตัว) แต่ความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทั้งหมดอยู่ในคู่ตำแหน่งต้นคลองส่งน้ำ-กลางคลองส่งน้ำสายหลัก ซึ่งผลลัพธ์นี้แสดงว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่กลางคลองส่งน้ำสายหลักเป็นกลุ่มที่ได้รับน้ำดีที่สุด

4.3 การจัดการเชิงสถาบัน (มิติที่ 2 ตามกรอบของ Lam)

มิติสถาบันปรากฏรูปแบบที่ชัดเจนกว่ามิติการส่งน้ำ และยืนยันว่าพื้นที่ที่ได้รับน้ำดีก็เป็นพื้นที่ที่มีการจัดการสถาบันที่เข้มข้นกว่า ตารางที่ 2 (มิติที่ 2) ชี้ว่า ตัวชี้วัดสถาบันที่วิเคราะห์ทั้งหมด 8 ตัว โดย 6 ตัวพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในทุกตัวที่มีนัยสำคัญ เกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ต้นคลองส่งน้ำสายหลักแสดงระดับการมีส่วนร่วมเชิงสถาบันที่ต่ำที่สุด

สำหรับระบบจัดสรรน้ำแบบมีตาราง เกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักใช้ระบบดังกล่าวถึงร้อยละ 70.50 แต่เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักใช้เพียงร้อยละ 8.00 ($H = 25.12$, $p < .0001$, $\varepsilon^2 = 0.27$ ซึ่งเป็นขนาดอิทธิพลที่ใหญ่ที่สุดในการศึกษาทั้งหมด) ในด้านการหมุนเวียนน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ปรากฏรูปแบบใกล้เคียงกัน โดยเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักใช้ระบบดังกล่าวเพียงประมาณร้อยละ 9 เทียบกับร้อยละ 62-65 ของเกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลัก

ในส่วนของค่าน้ำที่จ่ายต่อปีและจำนวนการประชุม ผลลัพธ์ที่ได้มีรูปแบบสอดคล้องกันโดยค่ามัธยฐานของค่าน้ำในเกษตรกรกลุ่มต้นและปลายคลองส่งน้ำสายหลักอยู่ที่ 180 บาทต่อปี ขณะที่เกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักมีค่าน้ำสูงถึง 680 บาทต่อปี ($H = 19.92$, $p < .0001$) จำนวนการประชุมที่จัดต่อปีเฉลี่ยในกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักอยู่ที่ 0.28 ครั้ง น้อยกว่ากลุ่มกลางและปลายคลองส่งน้ำสายหลักอย่างมีนัยสำคัญ (0.77 และ 0.96 ครั้ง ตามลำดับ; $H = 15.03$, $p < .001$) ข้อมูลทั้งสามส่วนสะท้อนภาพเดียวกัน คือ เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักอยู่นอกระบบกิจกรรมเชิงสถาบันที่ประสบผลสำเร็จในระดับชุมชน

ตัวชี้วัดสองตัวที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือจำนวนกิจกรรมฝึกอบรมด้านการบริหารจัดการน้ำ ($H = 0.42$, $p = .81$) และจำนวนกิจกรรมฝึกอบรมด้านการเกษตร ($H = 4.02$, $p = .13$) ผลลัพธ์นี้แสดงว่า โอกาสในการฝึกอบรมมีอย่างเท่าเทียมสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ของคลองส่งน้ำ แต่การได้รับการฝึกอบรมที่เท่าเทียมดังกล่าว ไม่ได้แปลงมาเป็นการมีส่วนร่วมในกลไกเชิงสถาบันที่ใช้ได้งานจริงที่เหมือนกัน

4.4 โครงสร้างพื้นฐานและผลผลิต (มิติที่ 3 และผลผลิตทางเศรษฐกิจ)

ตารางที่ 2 (มิติที่ 3) รายงานเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ และตารางที่ 3 รายงานผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจ ในด้านโครงสร้างพื้นฐานนั้น เมื่อจำแนกประเภทคลองส่งน้ำ พบว่าเกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักมีสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้คลองคอนกรีตสูงที่สุดที่ร้อยละ 78.0 เทียบกับร้อยละ 48.0 ในกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลัก และร้อยละ 42.3 ในกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลัก ($\chi^2 = 11.70$, $df = 2$, $p = .003$, Cramér's $V = 0.34$) เมื่อแยกย่อยตามประเภทคลองทั้งสี่ประเภท กลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักใช้คลองดินทั้งหมดร้อยละ 52.0 และคลองคอนกรีตทั้งหมดร้อยละ 48.0 ส่วนกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักใช้คลองคอนกรีตเป็นหลัก (มีคลองดินบางส่วน) ร้อยละ 40.0 และคลองคอนกรีตทั้งหมดร้อยละ 38.0 ขณะที่กลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลักใช้คลองดินทั้งหมดร้อยละ 50.0 ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานในส่วนของคลองส่งน้ำที่เป็นคอนกรีตกระจุกตัวอยู่บริเวณตำแหน่งกลางคลองส่งน้ำสายหลัก สอดคล้องกับรูปแบบของมิติการส่งน้ำและมิติสถาบัน เมื่อพิจารณาเฉพาะการเชื่อมต่อกับคลองส่งน้ำสายหลักที่เป็นคอนกรีต ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักที่ระบบจัดสรรน้ำร่วมใช้ในการส่งน้ำ พบว่า ไม่มีเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งอยู่ต้นคลองส่งน้ำสายหลักรายใดที่มีแปลงเพาะปลูกเชื่อมต่อกับคลองส่งน้ำหลักที่เป็นคอนกรีต (ร้อยละ 0.00) เทียบกับร้อยละ 39.22 ในกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลัก และร้อยละ 25.93 ในกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลัก ($H = 13.21$, $p = .001$, $\varepsilon^2 = 0.11$) ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่า โครงสร้างพื้นฐานหลักของระบบจัดสรรน้ำร่วมเข้าถึงได้เฉพาะตำแหน่งกลางและปลายคลองส่งน้ำหลักเท่านั้น

สำหรับผลผลิตเชิงกายภาพ เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักมีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ 2.26 ไร่ เทียบกับเกษตรกรกลุ่มกลางและปลายคลองส่งน้ำสายหลักที่มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 3.80 ไร่ และ 3.55 ไร่ตามลำกับ ($H = 7.07$, $p = .03$) ทั้งนี้เกษตรกรทั้งสามกลุ่มได้ผลผลิตข้าวต่อไร่ที่ใกล้เคียงกัน โดยผลผลิตระหว่าง 525.70 ถึง 561.40 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($H = 4.41$, $p = .11$) ดังนั้นความแตกต่างของรายได้รวมจากการขายข้าวจึงสะท้อนความแตกต่างของขนาดพื้นที่ปลูก ไม่ใช่ผลิตภาพต่อไร่

เมื่อพิจารณาจากรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตข้าว พบว่า รายได้รวมโดยเฉลี่ยของเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักอยู่ที่ 11,570 บาทต่อปี ต่ำกว่าเกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักที่มีรายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 19,226 บาท และเกษตรกรกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลักที่มีรายได้เฉลี่ยอยู่ 19,131 บาท อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($H = 7.19$, $p = .03$) การทดสอบความแตกต่างภายหลังแบบ Dunn พบว่า คู่ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคือคู่ต้นคลองส่งน้ำสายหลัก-กลางคลองส่งน้ำสายหลักเท่านั้น ($p = .03$)

ในด้านรายได้สุทธิต่อไร่ ค่ามัธยฐานในแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักมีรายได้สุทธิ/ไร่ (ค่ามัธยฐาน) ที่ -1,160 บาท ซึ่งแสดงถึงภาวะขาดทุนอย่างมาก ในขณะที่เกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักมีรายได้สุทธิ/ไร่ (ค่ามัธยฐาน) อยู่ใกล้จุดคุ้มทุนที่ -147 บาท และเกษตรกรกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลักรายได้สุทธิ/ไร่ (ค่ามัธยฐาน) เป็นบวกที่ 225 บาทต่อไร่ ($H = 6.92$, $p = .03$) สัดส่วนเกษตรกรที่ทำนาแล้วขาดทุนในกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักมีจำนวนสูงถึงร้อยละ 76.00 เทียบกับร้อยละ 51.92 ในกลุ่มกลางคลองสายหลักและร้อยละ 44.44 ในกลุ่มปลายคลองสายหลัก รูปแบบของรายได้สุทธิจึงสอดคล้องกับรูปแบบของมิติการส่งน้ำและมิติเชิงสถาบัน คือ เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักเป็นกลุ่มที่ได้รับผลน้อยที่สุดในทุกมิติ การทดสอบความแตกต่างภายหลังแบบ Dunn ได้ผลลัพธ์ที่เกินกว่าระดับนัยสำคัญเล็กน้อย (ต้น-กลางคลองส่งน้ำสายหลัก $p = .05$; ต้น-ปลายคลองส่งน้ำสายหลัก $p = .06$) อาจสะท้อนข้อจำกัดของขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยเฉพาะเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลัก ($n = 25$) ที่จำกัดอำนาจการทดสอบของการเปรียบเทียบรายคู่

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การจัดการน้ำสามมิติตามกรอบของ Lam จำแนกตามตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกบนคลองส่งน้ำสายหลัก

ตัวชี้วัด	ต้นคลองส่งน้ำ	กลางคลองส่งน้ำ	ปลายคลองส่งน้ำ	n	H	p	ε^2
มิติที่ 1 ผลลัพธ์ด้านการส่งน้ำ							
ได้รับน้ำเพียงพอ (ร้อยละ)	29.20	74.50	56.50	98	13.84	.001 ***	0.12
ได้รับน้ำตรงเวลา (ร้อยละ)	30.00	71.10	42.90	86	10.87	.004 **	0.11
ความเสียหายจากน้ำขาดแคลน (ร้อยละ)	80.00	36.50	66.70	104	14.80	<.001 ***	0.13
ความเสียหายจากน้ำมาช้า (ร้อยละ)	80.00	36.50	66.70	104	14.80	<.001 ***	0.13
มิติที่ 2 การจัดการเชิงสถาบัน							
การใช้ระบบจัดสรรน้ำแบบมีตาราง (ร้อยละ)	8.00	70.50	40.00	89	25.12	<.0001 ****	0.27
การหมุนเวียนน้ำในฤดูฝน (ร้อยละ)	8.70	62.50	36.00	96	18.82	<.001 ***	0.18
การหมุนเวียนน้ำในฤดูแล้ง (ร้อยละ)	9.10	65.20	34.80	91	19.86	<.0001 ****	0.20
ค่าน้ำที่จ่าย (มัธยฐาน บาท/ปี)	180	680	180	101	19.92	<.0001 ****	0.18
จำนวนการประชุมที่จัดต่อปี (เฉลี่ย)	0.28	0.77	0.96	104	15.03	<.001 ***	0.13
จำนวนการประชุมที่เข้าร่วมต่อปี (เฉลี่ย)	0.28	0.75	0.81	104	13.89	.001 ***	0.12
มิติที่ 3 โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ							
คลองคอนกรีต (ร้อยละ)	48.0	78.0	42.3	101	χ^2 = 11.70	.003 **	V = 0.34
การเชื่อมต่อกับคลองส่งน้ำหลักที่เป็นคอนกรีต (ร้อยละ)	0.00	39.22	25.93	103	13.21	.001 **	0.11

หมายเหตุ: แสดงเฉพาะตัวชี้วัดที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดสอบความแตกต่างภายหลังแบบ Dunn (ปรับแก้ Bonferroni) และตัวชี้วัดที่ไม่พบความแตกต่าง (การฝึกอบรมด้านการจัดการน้ำ H = 0.42, p = .81 และการฝึกอบรมด้านการเกษตร H = 4.02, p = .13) รายงานไว้ในเนื้อหา; ข้อมูลคลองคอนกรีต (รวมคลองคอนกรีตทั้งหมดและคลองคอนกรีตเป็นหลัก) ทดสอบด้วยไคสแควร์ (χ^2) และรายงานขนาดอิทธิพลเป็น Cramér's V การจำแนกประเภทคลองทั้งสี่ประเภทอย่างละเอียดรายงานไว้ในเนื้อหา ตัวชี้วัดอื่นทดสอบด้วย Kruskal-Wallis (H) นัยสำคัญ: * p<.05, ** p<.01, *** p<.001, **** p<.0001.

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจของการปลูกข้าว จำแนกตามตำแหน่งคลองพื้นที่เพาะปลูกบนคลองส่งน้ำสายหลัก

ตัวชี้วัด	ต้นคลองส่งน้ำสายหลัก	กลางคลองส่งน้ำสายหลัก	ปลายคลองส่งน้ำสายหลัก	n	H	p	ε^2
พื้นที่ปลูกข้าว (เฉลี่ย; ไร่)	2.26	3.80	3.55	104	7.07	.03 *	0.05
ผลผลิต (เฉลี่ย; กก./ไร่)	525.70	543.80	561.40	103	4.41	.11	0.02
รายได้รวมจากการขายข้าว (เฉลี่ย; บาท)	11,570	19,226	19,131	103	7.19	.03 *	0.05
ค่าปุ๋ยเคมี (มัธยฐาน; บาท/ไร่)	2,200	1,428	2,080	104	2.26	.32	0.003
ต้นทุนรวม (เฉลี่ย; บาท/ไร่)	6,226	5,429	5,652	104	5.67	.06	0.04
รายได้สุทธิ (มัธยฐาน; บาท/ไร่)	-1,160	-147	+225	103	6.92	.03 *	0.05
เกษตรกรที่ขาดทุน (ร้อยละ)	76.00	51.92	44.44	103	—	—	—

หมายเหตุ: การทดสอบความแตกต่างภายหลังแบบ Dunn (Bonferroni) รายงานไว้ในเนื้อหา นัยสำคัญ: * p<.05.

5. สรุปและอภิปรายผล

อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักเป็นกลุ่มที่ได้รับน้ำเพียงพอที่สุด (ร้อยละ 74.50 เทียบกับร้อยละ 29.20 ในกลุ่มต้น) มีส่วนร่วมในระบบจัดสรรน้ำมากที่สุด (ร้อยละ 70.50 เทียบกับร้อยละ 8.00) และมีโครงสร้างคลองที่พัฒนาที่สุด (ใช้คลองคอนกรีตร้อยละ 78.0 เทียบกับร้อยละ 48.0) ซึ่งขัดแย้งกับแนวคิดดั้งเดิมของ Chambers (1988) ทั้งนี้ในระบบที่มีกรอบเชิงสถาบันชัดเจน รูปแบบการเอื้อประโยชน์ตามตำแหน่งคลองส่งน้ำสายหลักยังคงปรากฏตามที่ Chambers (1988) และ Bastakoti and Shivakoti (2012) คาดการณ์ไว้ ดังที่พรทิพย์ เชียรธีรวิทย์ (2543) ระบุว่า ระบบเหมืองฝายภาคเหนือให้สิทธิแก่ผู้ที่อยู่หัวน้ำก่อนผู้ที่อยู่ท้ายน้ำตามข้อตกลงในสัญญาเหมืองฝาย อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ของการศึกษาไม่ได้ปฏิเสธทฤษฎีดั้งเดิม แต่แสดงให้เห็นว่า รูปแบบดังกล่าวอาจมีการสลับขั้ว (กลุ่มกลางคลองส่งน้ำได้น้ำมากกว่ากลุ่มต้นคลองส่งน้ำ) เมื่อไม่มีกรอบเชิงสถาบันที่จะแปลงตำแหน่งทางกายภาพให้เป็นสิทธิการรับน้ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกรอบปฏิบัติการร่วมของ Ostrom (1990) ที่ระบุว่าสถาบันท้องถิ่นจะทำงานได้เมื่อมีขอบเขตชัดเจน กฎที่เหมาะกับบริบท และกลไกการมีส่วนร่วมและการลงโทษ ในพื้นที่ศึกษา เกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักผูกพันกับคลองสายหลักและต้องพึ่งระบบจัดสรรน้ำร่วม จึงเกิดระบบที่มีการจัดตาราง การหมุนเวียน และการจ่ายค่าน้ำที่เข้มข้นกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักเข้าถึงระบบที่มีการจัดตารางเพียงร้อยละ 8.00 และไม่มีพื้นที่เพาะปลูกแปลงใดเชื่อมต่อกับคลองหลักที่เป็นคอนกรีต (ร้อยละ 0.00 เทียบกับร้อยละ 39.22 ในกลุ่มกลางคลองสายหลัก) ดังนั้นเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักจึงอยู่นอกแนวโครงสร้างที่สถาบันการจัดสรรน้ำดำเนินงาน แม้เป็นสมาชิกของกลุ่มผู้ใช้น้ำเดียวกัน รูปแบบที่พบจึงสอดคล้องกับการตีความว่าการเข้าถึงองค์กรจัดสรรน้ำที่ทำงานได้จริงสัมพันธ์กับผลลัพธ์มากกว่าตำแหน่งทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูกเพียงลำพัง ทั้งนี้การออกแบบการวิจัยแบบภาคตัดขวางไม่อาจยืนยันความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้

ผลที่พบสอดคล้องกับงานที่ทบทวนไว้ในหัวข้อที่ 2 เขมิกา วรทิธิ์วุฒิกุล และคณะ (2568) ชี้ว่าการเข้าถึงตารางการเปิด-ปิดน้ำและระบบค่าน้ำจำกัดอยู่เฉพาะสมาชิกที่ลงทะเบียนอย่างเป็นทางการ กรณีของตำบลน้ำโจ้ขยายข้อค้นพบดังกล่าวออกไปอีกขั้น เนื่องจากเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักเป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำอยู่แล้ว แต่ยังเข้าถึงระบบที่มีการจัดตารางเพียงร้อยละ 8.00 สถานะสมาชิกจึงเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นแต่ไม่เพียงพอ ส่วนเงื่อนไขเชิงสถาบันที่เชาวลิต สิมสวย (2565) ระบุว่าการขาดปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งจะทำให้ระบบล้มเหลวนั้น เกษตรกรกลุ่มต้นคลองในพื้นที่ศึกษาขาดหลายปัจจัยพร้อมกัน ทั้งระบบกำกับดูแล กลุ่มที่เป็นทางการ การเก็บข้อมูลสมาชิกและกฎที่เป็นลายลักษณ์อักษร ตำแหน่งต้นคลองจึงไม่แปลงเป็นการเข้าถึงน้ำที่เป็นระบบ

ในมิติเศรษฐกิจ รายได้สุทธิต่อไร่ในระดับมัธยฐานขยับขึ้นจากตำแหน่งต้นคลองส่งน้ำสายหลักที่ -1,160 บาท ไปยังตำแหน่งกลางคลองส่งน้ำสายหลักที่ -147 บาท และตำแหน่งปลายคลองส่งน้ำสายหลักที่

+225 บาท เกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักประสบปัญหาขาดทุนมากกว่ากลุ่มอื่น ความเสียเปรียบนี้ปรากฏร่วมกับการอยู่นอกระบบจัดสรรน้ำที่ทำงานได้จริง และร่วมกับความไม่เพียงพอของน้ำและความเสียหายที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่ผลิตภาพต่อไร่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสามกลุ่ม ($H = 4.41$, $p = .11$) รูปแบบดังกล่าวชี้ว่าความแตกต่างด้านรายได้น่าจะเชื่อมโยงกับเงื่อนไขการเข้าถึงน้ำมากกว่าความสามารถในการผลิต แม้ข้อมูลที่มีอยู่จะไม่เพียงพอต่อการยืนยันข้อสรุปนี้

การศึกษานี้พบความไม่สมดุลเชิงประชากรในกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลัก โดยเฉพาะสัดส่วนเพศหญิงที่สูง (ร้อยละ 80.00) และจำนวนปีการศึกษาเฉลี่ยที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเป็นปัจจัยที่สมเดช วรรณก้อน และคณะ (2567) และยุภาพร อำนาจ และคณะ (2566) ระบุว่าสัมพันธ์กับระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มิได้ควบคุมตัวแปรเชิงประชากรในการวิเคราะห์ จึงไม่อาจแยกอิทธิพลของเพศและระดับการศึกษาออกจากผลของตำแหน่งบนคลองส่งน้ำได้ ข้อสังเกตที่ทำได้คือ ทิศทางของผลลัพธ์สอดคล้องกันทั้งสามมิติ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ปัจจัยเชิงประชากรเพียงลำพังอธิบายได้ยาก เมื่อพิจารณาในกรอบสามมิติของ Lam (1998) ระบบบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นี้ทำงานได้จริงเพียงบางส่วน คือ ทำงานในตำแหน่งที่มีโครงสร้างพื้นฐานชัดเจน (กลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลัก) แต่มีข้อจำกัดในตำแหน่งที่โครงสร้างพื้นฐานไม่เพียงพอ (กลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลัก) สอดคล้องกับข้อสังเกตของ Ostrom (1990) ที่ว่าสถาบันท้องถิ่นต้องมีฐานทรัพยากรร่วมที่ชัดเจนจึงจะเกิดกลไกการบริหารร่วม

ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาประกอบการตีความผลการวิเคราะห์ ประการแรก ข้อมูลเก็บจากพื้นที่เดียวคือ ม.4 และ ม.9 ตำบลน้ำโจ้ และเก็บจากเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำเท่านั้น ผลที่ได้จึงสะท้อนบริบทของกลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มเดียว และไม่ครอบคลุมเกษตรกรที่อยู่นอกกลุ่ม ประการที่สอง ข้อมูลเป็นข้อมูลภาคตัดขวางที่เก็บในรอบการผลิตเดียว จึงบอกได้เพียงว่าตัวแปรใดปรากฏร่วมกัน แต่ไม่สามารถระบุทิศทางความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้ ข้อสรุปเรื่องบทบาทของปัจจัยเชิงสถาบันในบทความนี้จึงเป็นการตีความจากรูปแบบที่สอดคล้องกันในสามมิติ มิใช่การยืนยันความเป็นเหตุเป็นผล

ประการที่สาม ขนาดตัวอย่างในกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลัก (25 ราย) และกลุ่มปลายคลองส่งน้ำสายหลัก (27 ราย) ค่อนข้างน้อย ทำให้อำนาจการทดสอบจำกัดและการทดสอบบางรายการมีเซลล์ที่มีความถี่คาดหวังต่ำจนไม่อาจทดสอบได้ ประการที่สี่ ตำแหน่งบนคลองส่งน้ำสายหลักและหมู่บ้านมีความสัมพันธ์กันสูง ($\chi^2 = 18.81$, $p < .001$, $V = 0.43$) โดยเกษตรกรกลุ่มต้นคลองร้อยละ 88.00 อาศัยอยู่ใน ม.4 ผลที่พบจึงอาจสะท้อนความแตกต่างของประวัติการรวมกลุ่มระดับหมู่บ้านปะปนอยู่กับผลของตำแหน่งบนคลอง นอกจากนี้สัดส่วนเพศและจำนวนปีของการศึกษายังแตกต่างกันระหว่างสามกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ประการสุดท้าย ข้อมูลผลผลิต ต้นทุน และความเสียหายเป็นข้อมูลที่เกษตรกรรายงานเอง มิได้ตรวจสอบกับบันทึกการผลิตหรือหลักฐานการขาย และรายได้จากการขายข้าวเป็นค่าประมาณจากผลผลิตที่รายงานคูณด้วยราคาตามพันธุ์ข้าว

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ใช้กรอบสามมิติของ Lam (1998) ในการประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่นอกเขตชลประทานของตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง โดยจำแนกผลตามตำแหน่งพื้นที่แปลงเพาะปลูกของเกษตรกรบนคลองส่งน้ำสายหลัก (ต้น กลาง และปลายคลองส่งน้ำสายหลัก)

ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบของการเอื้อประโยชน์ตามตำแหน่งคลองในพื้นที่นอกเขตชลประทานไม่เป็นไปตามทฤษฎีดั้งเดิมของ Chambers (1988) เกษตรกรกลุ่มกลางคลองส่งน้ำสายหลักเป็นกลุ่มที่ได้รับน้ำดีที่สุด มีการจัดการเชิงสถาบันที่เข้มข้นที่สุด และมีโครงสร้างพื้นฐานที่พัฒนาที่สุด รูปแบบที่กลับขั้วนี้สอดคล้องกันในทั้งสามมิติของกรอบ Lam (1998) ซึ่งหมายความว่า ระบบบริหารจัดการน้ำทำงานได้เพียงบางส่วน คือ ทำงานในพื้นที่ที่มีโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพรองรับ (ตำแหน่งกลางคลองส่งน้ำสายหลัก) แต่มีช่องว่างในพื้นที่ที่โครงสร้างพื้นฐานจำกัด (ตำแหน่งต้นคลองส่งน้ำสายหลัก) นอกจากนี้ ผลด้านผลผลิตและรายได้ของเกษตรกรกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลักที่ได้น้อยกว่ากลุ่มอื่น สอดคล้องกับการที่กลุ่มนี้อยู่นอกระบบจัดสรรน้ำที่ทำงานได้จริง และเผชิญความไม่เพียงพอของน้ำและความเสี่ยงต่อความเสียหายในระดับสูงสุด มากกว่าจะเกิดจากผลิตภาพต่อไร่ที่ด้อยกว่า ทั้งนี้ ความแตกต่างในมิติเศรษฐกิจมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงเล็กน้อย จึงต้องตีความควบคู่กับมิติการส่งน้ำและมิติเชิงสถาบันเพื่อหาทิศทางการสนับสนุนที่เหมาะสม

ในเชิงนโยบาย ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรที่อยู่นอกระบบจัดสรรน้ำที่ทำงานได้จริง โดยเฉพาะกลุ่มต้นคลองส่งน้ำสายหลัก ต้องได้รับการสนับสนุนเชิงสถาบัน ไม่ใช่เพียงการสนับสนุนในด้านโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพเท่านั้น ข้อสรุปนี้สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของเชาวลิต สิมสวย (2565) ที่ระบุว่าการจัดการน้ำของรัฐในประเทศไทยมีการดำเนินงานด้านอุปทาน เช่น การสร้างโครงสร้างพื้นฐานและพัฒนาแหล่งน้ำ เป็นจำนวนมาก แต่ขาดการจัดการด้านอุปสงค์ ซึ่งต้องเริ่มจากการจัดให้มีกลุ่มบริหารจัดการน้ำให้ครอบคลุมพื้นที่ก่อน นอกจากนี้เส้นทางการพัฒนาองค์กรจัดการน้ำระดับหมู่บ้าน 6 ขั้นตอนที่สมคิด แก้วทิพย์ และคณะ (2568) เสนอไว้ ตั้งแต่การทบทวนประวัติการบริหารจัดการน้ำของชุมชนจนถึงการจัดทำแผนพัฒนาทรัพยากรน้ำเป็นกรอบที่ประยุกต์ใช้กับ ม.4 และ ม.9 ได้โดยตรง การจัดให้มีกลไกการจัดสรรน้ำที่ชัดเจน ระบบหมุนเวียนการใช้น้ำ และเวทีการประชุมระดับชุมชนเป็นจุดเริ่มต้นที่จำเป็นในการกระตุ้นความมีส่วนร่วมและการเกิดกลไกสถาบันร่วมในระดับท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการวิจัย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการดังนี้ (1) ขยายระบบจัดสรรน้ำแบบหมุนเวียนและตารางการเปิด-ปิดน้ำให้ครอบคลุมพื้นที่ต้นคลองส่งน้ำสายหลัก ซึ่งปัจจุบันเข้าถึงระบบที่มีการจัดตารางเพียงร้อยละ 8.00 เทียบกับร้อยละ 70.50 ในกลุ่มกลางคลอง (2) เพิ่มการลงทุน ปรับปรุงคลองส่งน้ำสายหลักช่วงต้นคลองให้เป็นคลองคอนกรีต เนื่องจากไม่มีแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรกลุ่มต้นคลองรายใดเชื่อมต่อกับคลองหลักที่เป็นคอนกรีต (ร้อยละ 0.00 เทียบกับร้อยละ 39.22 ในกลุ่มกลางคลอง) (3) ส่งเสริมการเข้าร่วม

กิจกรรมของกลุ่มผู้ใช้น้ำในหมู่สมาชิกที่มีแปลงอยู่ต้นคลอง โดยเฉพาะการประชุมกำหนดกติกาการจัดสรรน้ำและการกำหนดค่าน้ำ และ (4) จัดให้มีระบบบันทึกและติดตามการกระจายน้ำระดับกลุ่ม เพื่อให้คณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำตรวจสอบได้ว่าน้ำไปถึงแต่ละตำแหน่งบนคลองในปริมาณและช่วงเวลาใด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในระยะต่อไปควรเก็บข้อมูลต่อเนื่องหลายรอบการผลิต เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าถึงระบบจัดสรรน้ำกับผลลัพธ์ด้านผลผลิตและรายได้ได้ชัดเจนขึ้น การขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังเกษตรกรที่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำจะช่วยแยกผลของการเป็นสมาชิกออกจากผลของตำแหน่งบนคลอง และการเปรียบเทียบข้ามตำบลหรือข้ามจังหวัดจะช่วยตรวจสอบว่ารูปแบบที่พบในตำบลน้ำโจ้ปรากฏในพื้นที่นอกเขตชลประทานแห่งอื่นหรือไม่ นอกจากนี้การศึกษาเชิงคุณภาพเกี่ยวกับประวัติการรวมกลุ่มและบทบาทผู้นำใน ม.4 และ ม.9 จะช่วยอธิบายที่มาของความแตกต่างระหว่างสองหมู่บ้านที่ปรากฏในผลการศึกษาครั้งนี้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำใน ม. 4 และ ม.9 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. (2539). *หลักการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เขมิกา วรทิธิ์วุฒิกุล, พรสวรรค์ สุขไมตรี และนพรัตน์ รัตนประทุม. (2568). การจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมตามธรรมนูญจัดการน้ำ: บทบาทของผู้บริหารองค์การบริหารส่วนตำบลหัวเมือง. *Local Administration Journal*, *18*(2), 219-238.

เชาวลิต สิมสวย. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริหารจัดการน้ำผิวดินแบบองค์รวมของกลุ่มบริหารจัดการน้ำจังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, *17*(1), 147-156.

นิคม สุวรรณโกมุท. (2550). *ปัญหาการใช้น้ำเพื่อการเกษตรของสมาชิกผู้ใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานจังหวัดอุดรธานี* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี].

บุญธรรม จิตต์อนันต์. (2546). *การวิจัยทางสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสิทธิ์ ประคองศรี. (2551). *การบริหารความขัดแย้งในการเข้าถึง ครอบครอง และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำ*. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรทิพย์ เชียรธีรวิทย์. (2543). การจัดการน้ำในระบบเหมืองฝายของภาคเหนือ. *วารสารเศรษฐศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, *4*(3), 98-121.

ยุภาพร อำนาจ, ธนัสนี สมบูรณ์ และวัฒนาชัย มาลัย. (2566). การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารจันทรเกษมสาร*, *29*(1), R01-1–R01-16.

สมคิด แก้วทิพย์, ปรารถนา ยศสุข, สถาพร แสงสุโพธิ์, พงศกร กาวิชัย, สิทธิชัย ธรรมขัน และกริช สุริยะชัยพันธ์. (2568). การเสริมสร้างความร่วมมือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ บ้านแม่แดดน้อย ตำบลแม่แดด อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิชาการวิทยาลัยบริหารศาสตร์*, *8*(3), 91-109.

สมเดช วรรณก้อน, อภิรมย์ สีดาคำ และประเสริฐ ปอนถิ่น. (2567). การบูรณาการหลักสังคหวัตถุธรรมเพื่อบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมของประชาชน: กรณีศึกษากลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยแก้ว ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิชาการรัตนบุศย์*, *6*(2), 226-241.

Bastakoti, R. C., & Shivakoti, G. P. (2012). Rules and collective action: An institutional analysis of the performance of irrigation systems in Nepal. *Journal of Institutional Economics*, *8*(2), 225–246. https://doi.org/10.1017/S1744137411000452

Chambers, R. (1988). *Managing canal irrigation: Practical analysis from South Asia*. Cambridge University Press.

Lam, W. F. (1998). *Governing irrigation systems in Nepal: Institutions, infrastructure, and collective action*. ICS Press.

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์
CRCi

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท

สุรชัย ศรีล้ำเลิศ[1*] สุกิจ กันจินะ[1] จุฑาทิพย์เฉลิมผล[1] และ จิตติมา สิงห์เวชสกุล[1]

[1] ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

*E-mail: Surachai_sri@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง และปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท โดยใช้กรอบแนวคิด Compete–Connect–Change ของ Falciola et al. (2019) เฉพาะมิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) ประชากรที่ศึกษา คือ ประธานวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลวิสาหกิจชุมชนดีเด่นระดับจังหวัด ปี พ.ศ. 2565-2567 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สระบุรี และอ่างทอง จำนวน 71 แห่ง ซึ่งเก็บข้อมูลแบบสำมะโนจากวิสาหกิจชุมชนทุกแห่งที่เข้าเกณฑ์ โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ ได้รับแบบสอบถามกลับคืน 65 แห่ง คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 91.5 และใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองถดถอย 61 แห่ง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ โดยตัวแปรตาม คือ คะแนนศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง 5 องค์ประกอบ และตัวแปรอิสระ จำนวน 5 ตัว ได้แก่ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน จำนวนครั้งการอบรมในรอบ 3 ปี อายุวิสาหกิจชุมชน และจำนวนสมาชิก ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองมีนัยสำคัญทางสถิติ (R^2 = 0.281, $F(5,55)$ = 4.291, p = .002) โดยจากตัวแปรอิสระ 5 ตัว มีตัวแปรจำนวน 2 ตัวที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ประสบการณ์ของประธานวิสาหกิจชุมชน (β = 0.413, p = .013) และจำนวนครั้งในการอบรมของประธาน (β = 0.347, p = .007) ผลการศึกษาชี้ว่าประสบการณ์และการอบรมของประธานเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชน มากกว่าระดับการศึกษาหรือคุณลักษณะเชิงโครงสร้างขององค์กร

คำสำคัญ: วิสาหกิจชุมชน, ความสามารถในการแข่งขัน, ศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง, ทุนมนุษย์

Factors Influencing the Competitiveness of Community Enterprises in Areas under the Office of Agricultural Extension and Development Region 1, Chainat Province

Surachai Srilamlert[1*] Sukit Kanjina[1] Juthathip Chalermphol[1] and Jittima Singvejsakul[1]

[1] Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

*E-mail: Surachai_sri@cmu.ac.th

Abstract

This cross-sectional quantitative study examined the level of change capacity and the factors influencing it among community enterprises in the area under the responsibility of the Office of Agricultural Extension and Development Region 1, Chainat Province, drawing on the Change pillar of the Compete–Connect–Change framework of Falciola et al. (2019). The study population comprised all 71 chairpersons of community enterprises that had received provincial-level excellence awards during B.E. 2565-2567 in Phra Nakhon Si Ayutthaya, Saraburi, and Ang Thong provinces. A complete enumeration was conducted using an online questionnaire; 65 questionnaires were returned, a response rate of 91.5 percent, of which 61 were used in the regression analysis. Data were analysed using multiple regression, with a five-component change capacity score as the dependent variable and five independent variables: education level, work experience, number of training sessions attended over the preceding three years, community enterprise age, and number of members. The model was statistically significant (R^2 = 0.281, $F(5,55)$ = 4.291, p = .002). Of the five independent variables, two were statistically significant: the chairperson's work experience (β = 0.413, p = .013) and the number of training sessions attended (β = 0.347, p = .007). The findings indicate that the chairperson's experience and training influence the change capacity of community enterprises more than formal education or the structural characteristics of the enterprise.

Keywords: community enterprise, competitiveness, change capacity, human capital

1. บทนำ

ภาคการเกษตรของประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารและสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศ จากผลสำมะโนการเกษตร พ.ศ. 2566 พบว่า ประเทศไทยมีผู้ถือครองทำการเกษตรจำนวน 8.7 ล้านราย คิดเป็นร้อยละ 30.2 ของครัวเรือนทั้งประเทศ และมีพื้นที่ทำการเกษตร 141.7 ล้านไร่ หรือร้อยละ 44.2 ของพื้นที่ประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2566) ขณะที่ภาคการเกษตรมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ปี พ.ศ. 2567 คิดเป็นร้อยละ 8.71 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568) อย่างไรก็ตามภาคการเกษตรยังประสบกับปัญหาหลายประการ เช่น ราคาผลผลิตขาดเสถียรภาพ ขาดอำนาจในการต่อรอง หนี้สินครัวเรือนอยู่ในระดับสูง และความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งการพัฒนาภาคการเกษตรให้มีศักยภาพและขีดความสามารถทางการแข่งขันเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562)

วิสาหกิจชุมชนเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาชุมชนให้สามารถพึ่งตนเองได้ (กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) โดยดำเนินงานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 มีกรมส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบหลัก และมีสำนักงานเกษตรจังหวัดและสำนักงานเกษตรอำเภอเป็นผู้ดำเนินการในพื้นที่ ปัจจุบันมีวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนทั้งสิ้น 68,916 แห่ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2568) ทั้งนี้วิสาหกิจชุมชนที่ได้รับการประเมินศักยภาพในระดับดีมีเพียงร้อยละ 35.46 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายร้อยละ 40 ตามแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ประเด็นการเกษตร พ.ศ. 2566-2580 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2568) สาเหตุมาจากหลายประการ อาทิ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่จำกัด เทคโนโลยีและนวัตกรรมในภาคการเกษตรมีจำกัด การรวมกลุ่มที่ไม่เข้มแข็ง และการแข่งขันทางการค้าที่เพิ่มมากขึ้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559)

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท รับผิดชอบพื้นที่ 9 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ชัยนาท นนทบุรี ลพบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี สิงห์บุรี และอ่างทอง มีวิสาหกิจชุมชนจดทะเบียน 3,019 แห่ง โดยได้รับการประเมินศักยภาพในระดับดี 1,177 แห่ง (ร้อยละ 38.57) ระดับปานกลาง 1,334 แห่ง (ร้อยละ 43.82) และระดับปรับปรุง 309 แห่ง (ร้อยละ 10.79) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2568)

จากรายงานข้างต้นจะเห็นว่ามีวิสาหกิจชุมชนจำนวนมากที่ยังต้องการการพัฒนาศักยภาพความสามารถในการแข่งขัน (competitiveness) เป็นศักยภาพด้านหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากวิสาหกิจชุมชนต้องจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และ/หรือให้บริการที่ต้องมีการแข่งขันกับผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการรายอื่นๆ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะมีส่วนช่วยยกระดับความสามารถดังกล่าว และมีส่วนช่วยหนุนเสริมการพัฒนาศักยภาพโดยรวมของวิสาหกิจชุมชน การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสภาพการดำเนินงานและศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชน

และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน โดยมุ่งเน้นด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) ตามกรอบแนวคิดของ Falciola et al. (2019)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อศึกษาระดับศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลวิสาหกิจชุมชนดีเด่นระดับจังหวัด ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สระบุรี และอ่างทอง และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยด้านคุณลักษณะของประธานวิสาหกิจชุมชนและคุณลักษณะขององค์กรที่ส่งผลต่อศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทั้งนี้การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มิได้กำหนดสมมติฐานทิศทางของความสัมพันธ์ไว้ล่วงหน้า และครอบคลุมความสามารถในการแข่งขันเฉพาะมิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) ของกรอบแนวคิด Compete–Connect–Change เท่านั้น มิได้ครอบคลุมมิติด้านการแข่งขัน (Compete) และมิติด้านการเชื่อมต่อ (Connect)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน

ความสามารถในการแข่งขัน (competitiveness) เป็นแนวคิดที่มีหลายมิติ และยังไม่มีวิธีการวัดที่เป็นที่ยอมรับร่วมกันเพียงวิธีเดียว โดยทั่วไปหมายถึงความสามารถขององค์กรในการผลิตและจำหน่ายสินค้าหรือบริการได้อย่างต่อเนื่องภายใต้สภาพการแข่งขันของตลาด อย่างไรก็ตาม การนำแนวคิดที่พัฒนาขึ้นสำหรับสถานประกอบการเชิงพาณิชย์มาใช้กับวิสาหกิจชุมชนจำเป็นต้องมีการปรับให้เหมาะสม เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนมีลักษณะเฉพาะ คือ เป็นองค์กรที่สมาชิกในชุมชนเป็นเจ้าของร่วมกัน ใช้ทรัพยากรและแรงงานภายในชุมชนเป็นหลัก และมีเป้าหมายทั้งด้านรายได้และด้านประโยชน์ของชุมชนควบคู่กัน (กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562)

งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในประเทศไทยได้ศึกษาแนวคิดนี้ผ่านมิติที่หลากหลาย เช่น ความได้เปรียบด้านต้นทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (อาทิตยา ลาวงศ์ และคณะ, 2567) ประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์และซัพพลายเชน (ทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์, 2563) ความสามารถในการแข่งขันบนฐานเศรษฐกิจดิจิทัล (วนิดา สุวรรณนิพนธ์, 2564) และการยกระดับศักยภาพขององค์กรโดยรวม (ทักษญา สง่าโยธิน, 2565) การศึกษาครั้งนี้นิยามความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนว่า หมายถึงความสามารถขององค์กรในการดำเนินงานและปรับตัวเพื่อรักษาและยกระดับสถานะทางการตลาดของตนได้อย่างต่อเนื่อง

2.2 กรอบแนวคิด Compete–Connect–Change

การศึกษาครั้งนี้อาศัยกรอบแนวคิด Compete–Connect–Change (3C) ของ Falciola et al. (2019) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการแข่งขันระดับสถานประกอบการในลักษณะที่ครอบคลุมหลาย

มิติ และสามารถประยุกต์ใช้กับสถานประกอบการในประเทศกำลังพัฒนา กรอบแนวคิดดังกล่าวจำแนกความสามารถในการแข่งขันออกเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติด้านการแข่งขัน (Compete) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินงานในปัจจุบัน ซึ่งสะท้อนความสามารถขององค์กรในการตอบสนองความต้องการของตลาดทั้งด้านคุณภาพ ปริมาณ และระยะเวลา ในระดับราคาที่แข่งขันได้ เป็นมิติเชิงสถิต (static) ของความสามารถในการแข่งขัน ทั้งนี้ Falciola et al. (2019) ระบุว่าสมรรถนะของผู้บริหารและจำนวนปีประสบการณ์ของผู้บริหารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลการดำเนินงานขององค์กรในมิตินี้

มิติด้านการเชื่อมต่อ (Connect) หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมต่อกับช่องทางข้อมูลข่าวสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า คู่แข่ง ผู้จัดหาวัตถุดิบ และหน่วยงานสนับสนุน ซึ่งมีความสำคัญเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของเทคโนโลยีดิจิทัล

มิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) หมายถึง ความสามารถในการปรับตัวและรองรับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการรักษาผลตอบแทนขององค์กรได้อย่างยั่งยืน เป็นมิติเชิงพลวัต (dynamic) ของความสามารถในการแข่งขัน

เหตุผลในการเลือกใช้กรอบแนวคิดนี้ คือ การแยกความสามารถเชิงสถิต (Compete) ออกจากความสามารถเชิงพลวัต (Change) อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นที่การศึกษาครั้งนี้ต้องการทราบกล่าวคือ ภายในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีผลการดำเนินงานอยู่ในระดับดีอยู่แล้ว ปัจจัยใดที่ทำให้เกิดความแตกต่างด้านศักยภาพในการพัฒนาต่อไปในอนาคต การศึกษาครั้งนี้เลือกศึกษาเฉพาะมิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) เป็นตัวแปรตาม เนื่องจากเป็นมิติที่สะท้อนการลงทุนเพื่ออนาคตขององค์กร และเป็นมิติที่หน่วยงานส่งเสริมการเกษตรสามารถเข้าไปสนับสนุนได้โดยตรง ผลการศึกษาจึงครอบคลุมความสามารถในการแข่งขันเฉพาะมิติดังกล่าว

2.3 ทุนมนุษย์ของประธานวิสาหกิจชุมชน

ทุนมนุษย์ (human capital) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ก่อให้เกิดผลิตภาพทางเศรษฐกิจ ประกอบด้วยความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอื่น ๆ ที่ได้มาจากการศึกษาและการฝึกทักษะเฉพาะทาง โดยทฤษฎีทุนมนุษย์อธิบายว่าความรู้ที่บุคคลสั่งสมผ่านการศึกษาในระบบ การฝึกอบรม และประสบการณ์จากการทำงาน ส่งผลต่อผลการดำเนินงานขององค์กร (Dinku et al., 2024)

ในงานวิจัยด้านวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การวัดทุนมนุษย์ยังไม่มีแบบจำลองที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เนื่องจากทุนมนุษย์เป็นแนวคิดที่มีหลายมิติ อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบที่นิยมใช้ ได้แก่ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในสาขาที่ดำเนินงาน และการฝึกอบรม (Dinku et al., 2024) การศึกษาครั้งนี้จึงใช้องค์ประกอบทั้งสามดังกล่าวเป็นฐานในการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้านคุณลักษณะของประธานวิสาหกิจชุมชน เหตุผลที่ใช้คุณลักษณะของประธานเป็นตัวแทนของทุนมนุษย์ในระดับองค์กร เนื่องจากตามพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 ประธานวิสาหกิจชุมชนเป็นผู้แทนอย่างเป็นทางการและ

เป็นผู้ตัดสินใจหลักในการดำเนินงาน ความรู้และประสบการณ์ของประธานจึงมีผลต่อทิศทางการดำเนินงานขององค์กรโดยตรง ทั้งนี้งานวิจัยในบริบทวิสาหกิจชุมชนไทยให้ความสำคัญกับประเด็นนี้เช่นกัน โดยโชติรส สมพงษ์ และสาโรช เผือกบัวขาว (2563) เสนอรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนซึ่งเน้นการพัฒนาทักษะผ่านการอบรม ทักษญา สง่าโยธิน (2565) ระบุว่าการให้ความรู้และทักษะที่จำเป็นและการส่งเสริมภาวะผู้นำเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน และ ส.ศิริชัย นาคอุดม และคณะ (2563) ชี้ให้เห็นว่าทุนทางสังคมและเครือข่ายของผู้นำเป็นความได้เปรียบเชิงการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน

2.4 ศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชนในการศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมการดำเนินการ 5 ด้าน ได้แก่ การนำเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมมาใช้ การลงทุนเชิงโครงสร้าง การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ใหม่ ความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และการเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอก ซึ่งเป็นการดำเนินการที่สังเกตได้จริงและสะท้อนการลงทุนเพื่อยกระดับศักยภาพขององค์กร

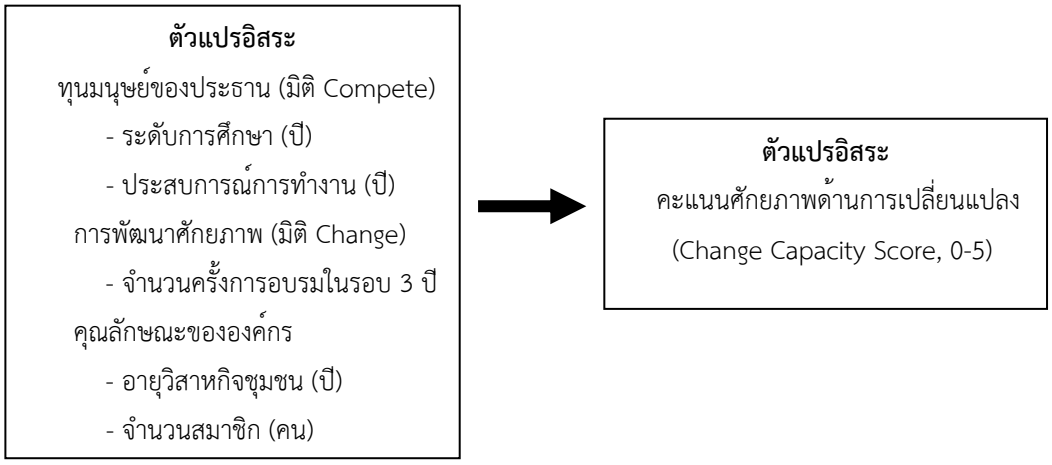
งานวิจัยในประเทศไทยชี้ว่าการดำเนินการเหล่านี้ยังเป็นข้อจำกัดของวิสาหกิจชุมชน โดยพิทยาภรณ์ พุ่มพวง และคณะ (2568) พบว่าการได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ซึ่งรวมถึงการจัดอบรม เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการปรับตัวเข้าสู่ยุคดิจิทัลของวิสาหกิจชุมชนมากที่สุด วนิดา สุวรรณนิพนธ์ (2564) ศึกษาความสามารถในการแข่งขันบนฐานเศรษฐกิจดิจิทัลของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสินค้าท้องถิ่น และทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์ (2563) พบว่าผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์มากกว่า 7 ปี มีสมรรถนะด้านโลจิสติกส์สูงกว่าผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนในประเทศไทยส่วนใหญ่วัดความสามารถดังกล่าวผ่านการรับรู้หรือความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม หรือใช้วิธีการเชิงคุณภาพ ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่วัดศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงจากการดำเนินการที่เกิดขึ้นจริงขององค์กร และยังไม่พบการศึกษาในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดีเด่นในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นช่องว่างที่การศึกษาครั้งนี้มุ่งเติมเต็ม

นิยามเชิงแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการของแนวคิดหลัก และกรอบแนวคิดในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 นิยามเชิงแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการของแนวคิดหลัก

แนวคิด	นิยามเชิงแนวคิด	นิยามเชิงปฏิบัติการ
ความสามารถในการแข่งขัน	ความสามารถขององค์กรในการดำเนินงานและปรับตัวเพื่อรักษาและยกระดับสถานะทางการตลาดได้อย่างต่อเนื่อง	วัดเฉพาะมิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) ของกรอบแนวคิด 3C
ทุนมนุษย์	ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่สั่งสมอยู่ในตัวประธานวิสาหกิจชุมชน	จำนวนปีของการศึกษา จำนวนปีประสบการณ์การทำงาน และจำนวนครั้งการอบรมในรอบ 3 ปี
ศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง	ความสามารถขององค์กรในการปรับตัวและลงทุนเพื่อยกระดับศักยภาพในอนาคต	ผลรวมคะแนนการดำเนินการ 5 องค์ประกอบ (0-5 คะแนน)

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบภาคตัดขวาง ประชากร คือ ประธานวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลวิสาหกิจชุมชนดีเด่นระดับจังหวัด ปี พ.ศ. 2565-2567 ในพื้นที่ของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท เหตุผลในการกำหนดเกณฑ์ดังกล่าว คือ การได้รับรางวัลวิสาหกิจชุมชนดีเด่นระดับจังหวัดเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าวิสาหกิจชุมชนนั้นยังมีการดำเนินงานอยู่จริงและมีกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นเงื่อนไขจำเป็นต่อการวัดศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนไว้แต่มิได้ดำเนินกิจกรรมย่อมไม่มีการลงทุนด้านเทคโนโลยี การพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือการเข้าถึงแหล่งเงินทุนให้วัดได้

บทความนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์จากวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สระบุรี และอ่างทอง ซึ่งเป็นกลุ่มจังหวัดที่มีจำนวนวิสาหกิจชุมชนที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุด 3 จังหวัดแรกในพื้นที่ของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 จังหวัดชัยนาท โดยวิสาหกิจชุมชนที่เข้าเกณฑ์ในสามจังหวัดดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 71 แห่ง ผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามไปยังวิสาหกิจชุมชนทุกแห่งที่เข้าเกณฑ์ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลแบบสำมะโน มิได้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง ได้รับแบบสอบถามกลับคืนจำนวน 65 แห่ง คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 91.5 และเมื่อตัดข้อมูลของผู้ที่ไม่ตอบระดับการศึกษาจำนวน 4 ราย คงเหลือข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองถดถอย 61 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 85.9 ของประชากรที่เข้าเกณฑ์ ทั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสอบถามออนไลน์ที่จัดส่งผ่านหนังสือราชการจากสำนักงานเกษตรจังหวัด

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลจากวิสาหกิจชุมชนที่เข้าเกณฑ์ทุกแห่งในสามจังหวัด จึงไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่าง (selection bias) ในระดับหน่วยวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการศึกษาอยู่ที่ความครอบคลุมเชิงพื้นที่ กล่าวคือ ครอบคลุมเพียง 3 จังหวัด จากทั้งหมด 9 จังหวัดในพื้นที่รับผิดชอบ ผลการศึกษาจึงอธิบายวิสาหกิจชุมชนดีเด่นในสามจังหวัดดังกล่าว และยังไม่สามารถอ้างอิงไปยังวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ทั้ง 9 จังหวัดได้

3.2 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลลักษณะพื้นฐานของประธานวิสาหกิจชุมชน ข้อมูลพื้นฐานของวิสาหกิจชุมชน ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาด ข้อมูลด้านทรัพยากรและการเข้าถึงแหล่งเงินทุน ข้อมูลด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม และข้อมูลด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทั้งนี้ข้อคำถามในแบบสอบถามเป็นการบันทึกข้อมูลเชิงข้อเท็จจริงและการดำเนินการที่เกิดขึ้นจริงของประธานและของวิสาหกิจชุมชน มิได้เป็นข้อคำถามที่วัดความรู้หรือทัศนคติซึ่งต้องใช้มาตรวัดเชิงจิตวิทยา การตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าความสอดคล้องภายในจึงมิใช่เกณฑ์ที่เหมาะสมกับเครื่องมือลักษณะนี้

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านวิสาหกิจชุมชนกองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริม

การเกษตร เพื่อพิจารณาความครอบคลุมและความเหมาะสมของข้อคำถาม และ 2) การทดลองใช้แบบสอบถามกับประธานวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลวิสาหกิจชุมชนดีเด่นระดับจังหวัดในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดละ 1 คน ก่อนการเก็บข้อมูลจริง เพื่อตรวจสอบว่าข้อคำถามมีความชัดเจน ผู้ตอบเข้าใจตรงกัน และสอดคล้องกับสภาพการดำเนินงานจริงของวิสาหกิจชุมชน จากนั้นจึงปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะที่ได้รับก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูล

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรตาม คือ คะแนนศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง (Change Capacity Score) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การนำเทคโนโลยี/นวัตกรรมมาใช้ 2) การลงทุนเชิงโครงสร้าง 3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์ใหม่ 4) ความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) และ 5) การเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอก แต่ละองค์ประกอบให้คะแนน 0 หรือ 1 รวมคะแนนเต็ม 0-5 คะแนน ทั้งนี้ไม่รวมองค์ประกอบด้านการฝึกอบรมสมาชิก เนื่องจากจำนวนครั้งการอบรมของประธานวิสาหกิจชุมชนเป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลอง

ตัวแปรอิสระ จำนวน 5 ตัว ได้แก่ 1) ระดับการศึกษาของประธาน (จำนวนปีที่ศึกษา) 2) ประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชน (ปี) 3) จำนวนครั้งการเข้าอบรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนในรอบ 3 ปี (พ.ศ. 2566-2568) 4) อายุวิสาหกิจชุมชน (ปี) และ 5) จำนวนสมาชิกวิสาหกิจชุมชน (คน) โดยตัวแปรที่ 1-2 จัดอยู่ในมิติด้านการแข่งขัน (Compete) ซึ่งเป็นทุนมนุษย์ที่สะสมมา ตัวแปรที่ 3 จัดอยู่ในมิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) ซึ่งเป็นการลงทุนเพื่อพัฒนาศักยภาพ ส่วนตัวแปรที่ 4-5 เป็นลักษณะขององค์กร

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (OLS Multiple Regression) เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้หลังตัดกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ตอบข้อมูลการศึกษาจำนวน 4 คน เหลือ n = 61 นอกจากนี้ได้ตรวจสอบความทนทานของแบบจำลองด้วย ordinal logistic regression เนื่องจากตัวแปรตามมีลักษณะเป็นคะแนนจำนวนเต็ม 0-5

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาในส่วนนี้นำเสนอเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของประธานและวิสาหกิจชุมชน ระดับศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง และผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพดังกล่าว

4.1 ข้อมูลพื้นฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ประธานวิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 60.53) มีอายุเฉลี่ย 59 ปี ประกอบอาชีพหลักเป็นเกษตรกร (ร้อยละ 55.96) วิสาหกิจชุมชนที่ศึกษามีอายุเฉลี่ย 11.25 ปี สมาชิกเฉลี่ย 17.23 คน ประธานมีประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 11.98 ปี และเข้าร่วมการอบรมเฉลี่ย 1.43 ครั้งในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา ข้อมูลพื้นฐานของตัวแปรในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรในแบบจำลอง (n = 61)

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ระดับการศึกษา (ปี)	13.11	3.12	6	18
ประสบการณ์การทำงาน (ปี)	11.98	6.44	0	25
จำนวนครั้งการอบรม (ครั้ง)	1.43	1.45	0	5
อายุวิสาหกิจชุมชน (ปี)	11.25	5.59	4	21
จำนวนสมาชิก (คน)	17.23	17.02	7	116
คะแนนศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง (0–5)	2.33	1.51	0	5

4.2 ศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชน

จากตารางที่ 3 พบว่า วิสาหกิจชุมชนที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์ใหม่มีสัดส่วนสูงที่สุด (ร้อยละ 55.7) รองลงมาคือ การนำเทคโนโลยี/นวัตกรรมมาใช้ (ร้อยละ 49.2) การลงทุนเชิงโครงสร้าง (ร้อยละ 45.9) ความพร้อมด้าน ICT (ร้อยละ 44.3) และการเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอก (ร้อยละ 37.7) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนรวม พบว่า วิสาหกิจชุมชนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 29.5) ได้คะแนน 3 จาก 5 ในขณะที่วิสาหกิจชุมชนที่ได้คะแนนเต็มมีเพียงร้อยละ 6.6 รูปแบบนี้บ่งชี้ว่าวิสาหกิจชุมชนมีความเข้มแข็งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการนำเทคโนโลยีมาใช้ ขณะที่การเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอกและความพร้อมด้าน ICT ยังเป็นด้านที่มีสัดส่วนต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง (n = 61)

องค์ประกอบ	จำนวน (n)	ร้อยละ
การนำเทคโนโลยี/นวัตกรรมมาใช้	30	49.2
การลงทุนเชิงโครงสร้าง	28	45.9
การพัฒนาผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์ใหม่	34	55.7
ความพร้อมด้าน ICT	27	44.3
การเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอก	23	37.7
การกระจายของคะแนนรวม (0–5)	**จำนวน (n)**	**ร้อยละ**
คะแนน 0	10	16.4
คะแนน 1	10	16.4
คะแนน 2	9	14.8
คะแนน 3	18	29.5
คะแนน 4	10	16.4
คะแนน 5	4	6.6

หมายเหตุ: ไม่รวมองค์ประกอบด้านการฝึกอบรมสมาชิก เนื่องจากจำนวนครั้งการอบรมของประธานเป็นตัวแปรอิสระในแบบจำลอง

4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชน

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ถดถอยพบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขทุกประการ กล่าวคือ ค่าคลาดเคลื่อน (residuals) มีการแจกแจงแบบปกติ (Shapiro-Wilk W = 0.976, p = .281) ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ (Breusch-Pagan $\chi^2(5) = 1.964$, p = .854) ค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน (Durbin-Watson = 1.786) ไม่มีปัญหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.05 ถึง 2.00 และค่า tolerance อยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 0.95) และไม่พบข้อมูลที่มีอิทธิพลผิดปกติต่อแบบจำลอง (ค่า Cook's D สูงสุดเท่ากับ 0.123 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 1)

จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (ตารางที่ 4) โดยนำตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว เข้าไปในสมการแล้วคำนวณด้วยวิธีปกติ (enter) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.281 หมายความว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดรวมกันอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 28.1 โดยแบบจำลองมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(5,55) = 4.291$, p = .002)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ตัวแปร	B	SE	β	t	p	95% CI ของ B	VIF
ค่าคงที่ (constant)	0.429	0.945	—	0.454	.652	[-1.466, 2.323]	—
ระดับการศึกษา (ปี)	0.036	0.061	0.074	0.592	.557	[-0.086, 0.158]	1.20
ประสบการณ์การทำงาน (ปี)	0.097	0.038	0.413	2.554	.013*	[0.021, 0.173]	2.00
จำนวนครั้งการอบรม	0.361	0.130	0.347	2.780	.007**	[0.101, 0.622]	1.19
อายุวิสาหกิจชุมชน (ปี)	-0.045	0.043	-0.165	-1.032	.306	[-0.132, 0.042]	1.96
จำนวนสมาชิก	0.015	0.010	0.164	1.403	.166	[-0.006, 0.036]	1.05

หมายเหตุ: * $p < .05$, ** $p < .01$; $R^2 = 0.281$, Adjusted $R^2 = 0.215$, $F(5,55) = 4.291$, $p = .002$, Durbin-Watson = 1.786

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ ordinal logistic regression (การตรวจสอบความทนทานของแบบจำลอง)

ตัวแปร	B	SE	Wald χ^2	p	OR	95% CI ของ OR
ระดับการศึกษา (ปี)	0.054	0.081	0.44	.508	1.055	[0.900, 1.237]
ประสบการณ์การทำงาน (ปี)	0.130	0.051	6.41	.011*	1.139	[1.030, 1.260]
จำนวนครั้งการอบรม	0.540	0.191	7.98	.005**	1.716	[1.180, 2.496]
อายุวิสาหกิจชุมชน (ปี)	-0.060	0.058	1.06	.303	0.942	[0.841, 1.055]
จำนวนสมาชิก	0.016	0.013	1.59	.207	1.017	[0.991, 1.043]

(ตัวแปรตาม: คะแนนศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง 0-5; n = 61)

หมายเหตุ: * $p < .05$, ** $p < .01$; LR $\chi^2(5) = 19.46$, $p = .002$, McFadden $R^2 = 0.093$, Nagelkerke $R^2 = 0.282$, −2LL = 189.22

ผลการวิเคราะห์ ordinal logistic regression (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณทุกประการ กล่าวคือ มีตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ 2 ตัวเช่นเดียวกัน ทิศทางของความสัมพันธ์และลำดับความสำคัญของตัวแปรเหมือนกันทั้งสองแบบจำลอง เมื่อพิจารณาค่า odds ratio พบว่า การเข้ารับการอบรมเพิ่มขึ้น 1 ครั้ง ทำให้โอกาสที่วิสาหกิจชุมชนจะอยู่ในระดับศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นเพิ่มเป็น 1.72 เท่า และประสบการณ์การทำงานที่เพิ่มขึ้น 1 ปี ทำให้โอกาสดังกล่าวเพิ่มเป็น 1.14 เท่า

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลดีเด่นระดับจังหวัดในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สระบุรี และอ่างทอง จำนวน 65 แห่ง (วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองถดถอย n = 61) โดยใช้คะแนนศักยภาพด้านการเปลี่ยนแปลง 5 องค์ประกอบเป็นตัวแปรตาม พบว่า จากตัวแปรอิสระ 5 ตัว มีเพียงประสบการณ์ของประธาน (β = 0.413, p = .013) และจำนวนครั้งการอบรม (β = 0.347, p = .007) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า R^2 = 0.281 กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ความสามารถในการแข่งขันด้านการเปลี่ยนแปลงของวิสาหกิจชุมชนดีเด่นนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของประสบการณ์ที่สะสมมาและการเข้าร่วมอบรมของประธาน มิใช่ระดับการศึกษา ขนาดของวิสาหกิจชุมชน หรือระยะเวลาในการก่อตั้ง

อภิปรายผล

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ Falciola et al. (2019) ที่ระบุว่าทุนมนุษย์ที่สะสมมา (มิติ Compete) และการลงทุนเพื่อพัฒนาศักยภาพ (มิติ Change) เป็นปัจจัยที่แตกต่างกันและมีความสำคัญร่วมกันต่อความสามารถในการแข่งขัน ทั้งนี้ค่า VIF ที่ต่ำ (2.00 และ 1.19 ตามลำดับ) แสดงว่าตัวแปรทั้งสองวัดสิ่งที่แตกต่างกัน

ประสบการณ์ของประธาน (β = 0.413) เป็นตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สูงที่สุดในแบบจำลอง อาจเป็นเพราะประธานที่มีประสบการณ์มากจะมีความรู้ความชำนาญในการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นการจัดการต้นทุน การจัดหาวัตถุดิบ การรักษาความสัมพันธ์กับคู่ค้าและลูกค้า ซึ่งความรู้ความชำนาญเหล่านี้สะสมมาจากการปฏิบัติงานจริง ทำให้ประธานมีความพร้อมและความมั่นใจในการลงทุนพัฒนาวิสาหกิจชุมชนในด้านต่าง ๆ มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์ (2563) ที่พบว่า ผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์มากกว่า 7 ปี มีสมรรถนะด้านโลจิสติกส์สูงกว่า และ อาทิตยา ลาวงศ์ และคณะ (2567) ที่พบว่าความได้เปรียบด้านต้นทุนและชื่อเสียงด้านคุณภาพของวิสาหกิจชุมชนเกิดจากประสบการณ์ในการดำเนินงาน

ในส่วนของจำนวนครั้งการอบรม (β = 0.347, p = .007) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน อาจเนื่องมาจากการที่ประธานวิสาหกิจชุมชนที่เข้าร่วมการอบรมบ่อยครั้งจะได้รับความรู้และทักษะเฉพาะทาง เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การจัดการคุณภาพ และการบริหารจัดการการเงิน ซึ่งเป็นความรู้ที่

ไม่สามารถได้มาจากประสบการณ์การทำงานเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การเข้าร่วมอบรมยังเป็นโอกาสในการสร้างเครือข่ายกับประธานวิสาหกิจชุมชนอื่น ๆ และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน (ส.ศิริชัย นาคอุดม และคณะ, 2563) ซึ่งสอดคล้องกับ พิทยาภรณ์ พุ่มพวง และคณะ (2568) ที่พบว่าการได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ (รวมถึงการจัดอบรม) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมด้านดิจิทัลมากที่สุด และ โชติรส สมพงษ์ และสาโรช เผือกบัวขาว (2563) ที่ระบุว่าการพัฒนาทักษะผ่านการอบรมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถนะผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชน รวมทั้งสอดคล้องกับ ทักษญา สง่าโยธิน (2565) ที่เสนอว่าการให้ความรู้และทักษะที่จำเป็นและการส่งเสริมภาวะผู้นำแก่สมาชิกเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน

ข้อสังเกตที่ปัจจัยซึ่งมีนัยสำคัญทั้งสองตัวต่างเป็นคุณลักษณะของตัวประธาน สะท้อนว่าในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดีเด่นที่มีศักยภาพพื้นฐานใกล้เคียงกัน ความแตกต่างด้านศักยภาพการเปลี่ยนแปลงมาจากทุนมนุษย์ของผู้นำมากกว่าคุณลักษณะเชิงโครงสร้างขององค์กร เช่น ขนาดหรือระยะเวลาในการก่อตั้ง

สำหรับตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ระดับการศึกษา ($\beta = 0.074$, $p = .557$) อายุวิสาหกิจชุมชน ($\beta = -0.165$, $p = .306$) และจำนวนสมาชิก ($\beta = 0.164$, $p = .166$) ในส่วนของระดับการศึกษาที่ไม่มีนัยสำคัญนั้น อาจเป็นเพราะในกลุ่มประชากรวิสาหกิจชุมชนที่ศึกษา ทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนนั้นได้มาจากประสบการณ์การทำงานจริงและการเข้าร่วมอบรม มากกว่าจากวุฒิการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ อาทิตยา ลาวงศ์ และคณะ (2567) ที่พบว่าระดับการศึกษาไม่ได้สร้างความแตกต่างในด้านความสามารถในการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชน อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวแตกต่างจาก Dinku et al. (2024) ที่พบว่าการศึกษาในระบบส่งผลต่อผลการดำเนินงานของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศเอธิโอเปียอย่างมีนัยสำคัญ ($\beta = 0.352$, $p < .001$) ซึ่งอาจอธิบายได้จากความแตกต่างของกลุ่มประชากรที่ศึกษา กล่าวคือ กลุ่มดังกล่าวเป็นผู้ประกอบการในเขตเมืองที่ครอบคลุมหลายสาขาและมีระดับการศึกษาที่หลากหลายกว่า ขณะที่ประชากรในการศึกษาครั้งนี้เป็นวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลดีเด่นซึ่งมีลักษณะค่อนข้างเหมือนกัน ทำให้ระดับการศึกษาไม่สามารถอธิบายความแตกต่างภายในกลุ่มได้ ในส่วนของอายุวิสาหกิจชุมชนที่มีทิศทางเป็นลบแม้ไม่มีนัยสำคัญ อาจเป็นเพราะวิสาหกิจชุมชนที่ก่อตั้งมานานอาจยึดติดกับวิธีการเดิม ๆ โดยไม่ได้ลงทุนพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ วนิดา สุวรรณนิพนธ์ (2564) และในส่วนของจำนวนสมาชิกสอดคล้องกับ ส.ศิริชัย นาคอุดม และคณะ (2563) และ โชติรส สมพงษ์ และสาโรช เผือกบัวขาว (2563) ที่ชี้ให้เห็นว่าคุณภาพของการมีส่วนร่วมของสมาชิกมีความสำคัญมากกว่าจำนวนสมาชิก

ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะสำนักงานเกษตรจังหวัดในพื้นที่ ควรดำเนินการดังต่อไปนี้ 1) จัดอบรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะด้านที่วิสาหกิจชุมชนยังมีศักยภาพต่ำ ได้แก่ การเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอก (ร้อยละ 37.7) ความพร้อมด้าน ICT (ร้อยละ 44.3) และการลงทุนเชิงโครงสร้าง (ร้อยละ 45.9) 2) ให้ความสำคัญกับการพัฒนาศักยภาพของประธาน

วิสาหกิจชุมชน โดยเฉพาะประธานที่มีประสบการณ์น้อย และ 3) ทำการศึกษาเพิ่มเติมในจังหวัดอื่น ๆ ของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษา

ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัด 3 ประการ ประการแรก เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางซึ่งเก็บข้อมูล ณ ช่วงเวลาเดียว ผลที่ได้จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มิใช่ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ประการที่สอง การศึกษาครอบคลุมความสามารถในการแข่งขันเฉพาะมิติด้านการเปลี่ยนแปลง (Change) ของกรอบแนวคิด 3C และครอบคลุมพื้นที่เพียง 3 จังหวัด จากทั้งหมด 9 จังหวัดในพื้นที่รับผิดชอบ และประการที่สาม กลุ่มที่ศึกษาเป็นวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลดีเด่นระดับจังหวัด ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีผลการดำเนินงานอยู่ในระดับดีอยู่แล้ว การเลือกกลุ่มดังกล่าวทำให้สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มที่มีศักยภาพใกล้เคียงกันได้อย่างชัดเจน แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ผลการศึกษาไม่สามารถอธิบายวิสาหกิจชุมชนโดยทั่วไปได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรขยายการศึกษาให้ครอบคลุมวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ทั้ง 9 จังหวัดของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 1 และวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันครบทั้งสามมิติของกรอบแนวคิด Compete–Connect–Change เพื่อให้เห็นภาพรวมที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น 2) ควรมีการศึกษาเชิงคุณภาพเพิ่มเติมเพื่ออธิบายสาเหตุที่วิสาหกิจชุมชนมีคะแนนน้อยในด้านการเข้าถึงแหล่งเงินทุนภายนอกและความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นสองด้านที่มีสัดส่วนการดำเนินการน้อยที่สุด และ 3) ควรศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิสาหกิจชุมชนที่ได้รับรางวัลดีเด่นกับวิสาหกิจชุมชนทั่วไป เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยที่พบในการศึกษาครั้งนี้สามารถอธิบายวิสาหกิจชุมชนในภาพรวมได้หรือไม่

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณประธานวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สระบุรี และอ่างทอง ที่กรุณาสละเวลาตอบแบบสอบถาม ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรของสำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำนักงานเกษตรจังหวัดสระบุรี และสำนักงานเกษตรจังหวัดอ่างทอง ที่กรุณาช่วยประสานงานในการเก็บข้อมูล

7. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2568). รายงานภาพรวมการประเมินศักยภาพวิสาหกิจชุมชน. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2559). แผนพัฒนาการเกษตรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). คู่มือการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชน. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

โชติรส สมพงษ์ และสาโรช เผือกบัวขาว. (2563). รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, 11(1), 310-327.

ทวีศักดิ์ เทพพิทักษ์. (2563). การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนภาคตะวันออก โดยใช้การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 15(1), 176-196.

ทักษญา สง่าโยธิน. (2565). การพัฒนาศักยภาพวิสาหกิจชุมชนกลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดนเพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขัน. วารสารวิชาการ RMUTT Global Business and Economics Review, 17(1), 96-108.

พิทยาภรณ์ พุ่มพวง, สุธีรา ดีวิท, สุรินทร์ พิทักษ์สิกุล, อัญยาณีย์ เกตุพันธุ์, จิรพัฒน์ อุปถัมภ์, และอรกัญญา กันธะชัย. (2568). การวิเคราะห์เชิงปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการปรับตัวให้เข้ากับยุคดิจิทัลของวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดเชียงราย. วารสารวิทยาการจัดการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 7(2), 173-187.

วนิดา สุวรรณนิพนธ์. (2564). ความสามารถในการแข่งขันบนฐานเศรษฐกิจดิจิทัลของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสินค้าท้องถิ่นในกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 13(1), 1-21.

ส.ศิริชัย นาคอุดม, ธนกฤต ยอดอุดม, และเพียงพิศ ศรีประเสริฐ. (2563). ทุนทางสังคม: ความได้เปรียบเชิงการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน. วารสารนักบริหาร, 40(1), 115-124.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2568). ตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย ปี 2567. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2566). สำมะโนการเกษตร พ.ศ. 2566. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580. กรุงเทพฯ: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

อาทิตยา ลาวงศ์, อรรถกร จัตุกูล, และเอกพล แสงศรี. (2567). การศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมภายในทางการตลาดที่มีผลต่อการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันของวิสาหกิจชุมชน อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์. วารสารสหวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 8(1), 24-34.

Dinku, A. E., Singh, M., & Singh, S. (2024). Effect of human capital on the performance of small and medium enterprises: A mediating role of innovation practice in Ethiopia. *Cogent Business & Management*, 11(1), 2434729.

Falciola, J., Jansen, M., & Rollo, V. (2019). Defining firm competitiveness: A multidimensional framework. World Development, 129, 104857.



การพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลตามแนวคิดลีนและหลักความเข้ากันได้ของสารเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

ปัทมา ชูมณี [1*]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (ชีวเคมี) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
15 ถ.กาญจนวณิชย์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

* pattama.c@psu.ac.th, 0918472767

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและวิเคราะห์สภาพการบริหารจัดการคลังสารเคมี พัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลโดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีนร่วมกับหลักความเข้ากันได้ของสารเคมี ทดลองใช้ระบบในการปฏิบัติงานจริง และเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการพัฒนา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ภายใต้แนวคิดงานประจำสู่งานวิจัย (Routine to Research: R2R) โดยใช้รูปแบบการประเมินก่อนและหลังการพัฒนาระบบในกลุ่มเดียว จากการสำรวจพบสารเคมี 82 รายการ รวม 101 ขวด วิเคราะห์ปัญหาและความสูญเปล่าตามแนวคิดลีน และพัฒนาระบบโดยใช้ Google Sheets เป็นฐานข้อมูลกลาง ร่วมกับ Location Code, QR Code การเชื่อมโยงเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (SDS) และการจัดเก็บตามหลักความเข้ากันได้ ประเมินผลจากระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อก และความสอดคล้องตามเกณฑ์ ESPReL โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการค้นหาสารเคมีต่อรายการลดลงจาก 98.00 ± 3.61 เป็น 35.33 ± 3.06 วินาที หรือลดลงร้อยละ 62.93 ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อกลดลงจาก 91.24 ± 1.12 เป็น 34.28 ± 0.88 นาที หรือลดลงร้อยละ 62.43 และผลการประเมินตาม ESPReL Checklist เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15.15 เป็นร้อยละ 87.88 หรือเพิ่มขึ้น 72.73 จุดร้อยละ ผลการศึกษาสะท้อนว่าระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยลดความสูญเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการคลังสารเคมี และเพิ่มความสอดคล้องกับเกณฑ์ ESPReL ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและการจัดเก็บสารเคมี

คำสำคัญ ลีน, คลังสารเคมีดิจิทัล, การจัดเก็บสารเคมีตามหลักความเข้ากันได้, ESPReL

Development of a Digital Laboratory Chemical Inventory System Based on Lean Thinking and Chemical Compatibility Principles to Enhance Laboratory Efficiency and Safety

Pattama Choomanee [1*]

[1] Division of Health and Applied Sciences (Biochemistry), Faculty of Science, Prince of Songkhla University
15 Karnjanavanich Road, Hat Yai, Songkhla 90110 Thailand

* pattama.c@psu.ac.th, 0918472767

Abstract

This study aimed to survey and analyze existing chemical inventory management practices, develop a digital chemical inventory system integrating Lean Thinking and chemical compatibility principles, implement the system in routine laboratory practice, and compare outcomes before and after implementation. This Research and Development (R&D) study employed a one-group pretest–posttest design under the Routine to Research (R2R) framework. The survey identified 82 chemical items comprising 101 bottles. Operational problems and waste were analyzed using Lean principles, and a digital inventory system was developed using Google Sheets as a centralized database integrated with Location Codes, QR Codes, links to Safety Data Sheets (SDS), and compatibility-based chemical storage. Outcomes were evaluated using chemical search time, inventory inspection time, and compliance with relevant ESPReL criteria. Percentage, mean, and standard deviation were used for data analysis. The average chemical search time per item decreased from 98.00 ± 3.61 to 35.33 ± 3.06 s, a 62.93% reduction, while inventory inspection time decreased from 91.24 ± 1.12 to 34.28 ± 0.88 min, a 62.43% reduction. ESPReL Checklist compliance increased from 15.15% to 87.88%, corresponding to an increase of 72.73 percentage points. The developed system reduced operational waste, improved chemical inventory management efficiency, and increased compliance with relevant ESPReL criteria for chemical management and storage.

Keywords: Lean Thinking, Digital Chemical Inventory, Chemical Compatibility, ESPReL

1. บทนำ

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอน การวิจัยและการให้บริการวิชาการ โดยมีการใช้สารเคมีหลากหลายประเภทที่มีสมบัติและระดับความเป็นอันตรายแตกต่างกัน การบริหารจัดการคลังสารเคมีที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อการสนับสนุนการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการ ทั้งในด้านความสะดวกในการค้นหา การควบคุมปริมาณคงเหลือ การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของสารเคมีและการลดความเสี่ยงจากการจัดเก็บหรือใช้งานสารเคมีที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ห้องปฏิบัติการหลายแห่งยังประสบปัญหาการจัดเก็บข้อมูลสารเคมีที่กระจัดกระจาย การขาดฐานข้อมูลกลางและการสืบค้นข้อมูลที่ไม่เป็นระบบ ส่งผลให้เกิดความสูญเปล่าในการปฏิบัติงาน และอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

แนวคิดลีน (Lean Thinking) เป็นแนวทางการบริหารจัดการที่มุ่งลดความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการทำงาน พร้อมเพิ่มคุณค่าให้กับผู้ใช้บริการผ่านการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง หลักการดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการ รวมถึงการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะการลดระยะเวลาในการค้นหาวัสดุและสารเคมี การลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบทรัพยากร การนำเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น Google Sheets ร่วมกับ QR Code และระบบระบุตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) มาประยุกต์ใช้ จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการคลังสารเคมี นอกจากนี้ ความปลอดภัยในการจัดการสารเคมียังเป็นองค์ประกอบสำคัญของการบริหารห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะการจัดเก็บสารเคมีตามหลักความเข้ากันได้ (Chemical Compatibility) การเข้าถึงเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS) และการดำเนินงานให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand: ESPReL) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการยกระดับระบบบริหารจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศ (ESPReL, 2558) การพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลจึงเป็นแนวทางที่ช่วยสนับสนุนทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน และการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ

1.1 เพื่อสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของการบริหารจัดการคลังสารเคมีในห้องปฏิบัติการชีวเคมี

1.2 เพื่อพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลโดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีนร่วมกับหลักความเข้ากันได้ของสารเคมี

1.3 เพื่อทดลองใช้ระบบคลังสารเคมีดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

1.4 เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการพัฒนาระบบด้านระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อก และความสอดคล้องตามเกณฑ์ ESPReL ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการสารเคมี

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดลีน (Lean Thinking) เป็นแนวทางการบริหารจัดการที่มุ่งสร้างคุณค่า (Value) โดยการลดหรือขจัดความสูญเปล่า (Waste) และปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ คุณภาพ และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า (Womack & Jones, 2003) ในห้องปฏิบัติการ แนวคิดลีนช่วยลดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า เช่น การค้นหาสารเคมี การตรวจสอบข้อมูลซ้ำและการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น ส่งผลให้การดำเนินงานมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การวิจัยครั้งนี้ประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในการวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัล โดยลดความสูญเปล่าผ่านการจัดทำฐานข้อมูลกลาง การกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) และการเชื่อมโยงข้อมูลด้วย QR Code เพื่อสนับสนุนการค้นหาและการบริหารจัดการสารเคมีอย่างเป็นระบบ

2.2 ระบบฐานข้อมูลดิจิทัลเพื่อการบริหารจัดการสารเคมี ช่วยรวบรวมข้อมูลสารเคมีไว้ในฐานข้อมูลกลาง ทำให้การค้นหา การตรวจสอบ และการบริหารจัดการสารเคมีเป็นระบบและสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น (จรรยา ชื่นอารมณ์, 2565; วริญดา ประทุมวัลย์, 2566) การศึกษานี้ใช้ Google Sheets เป็นฐานข้อมูลหลัก ร่วมกับ QR Code สำหรับการเข้าถึงข้อมูลสารเคมี การกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) และการเชื่อมโยงเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหา การตรวจสอบสต็อก และการบริหารจัดการสารเคมี

2.3 หลักการจัดเก็บสารเคมีตามความเข้ากันได้ (Chemical Compatibility) เป็นแนวทางสำคัญในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีที่ไม่เข้ากัน โดยอาศัยข้อมูลจากเอกสาร SDS ระบบการจำแนกและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals: GHS) (United Nations, 2023) แนวทางของ National Institutes of Health (NIH, 2024) และ Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2024) เพื่อจำแนกสารเคมีและกำหนดพื้นที่จัดเก็บอย่างเหมาะสม ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจำแนกสารเคมีเป็น 6 กลุ่มการจัดเก็บ (Storage Group: SG1–SG6) ได้แก่ กรด เบส สารอนินทรีย์ สารอินทรีย์และชีวเคมี สารเคมีทั่วไป และสารเคมีที่ต้องแยกเก็บ เพื่อเพิ่มความปลอดภัย และความสะดวกในการค้นหาและจัดเก็บสารเคมี

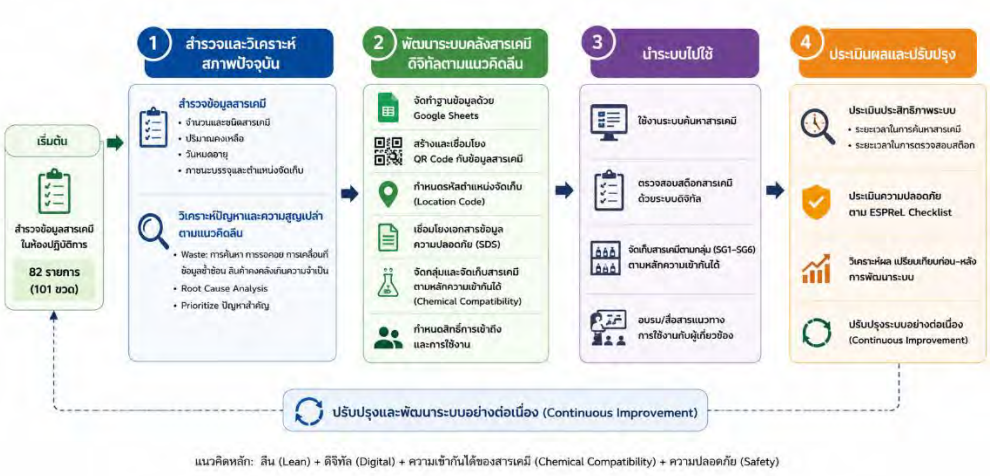
2.4 มาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ESPReL (Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand: ESPReL) เป็นกรอบการบริหารจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่ครอบคลุมการจัดการสารเคมี อุปกรณ์ ของเสีย และการเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัย การวิจัยครั้งนี้ใช้เฉพาะรายการประเมินของ ESPReL Checklist ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการสารเคมี ได้แก่ การจัดทำทะเบียนสารเคมี การจัดเก็บตามหลักความเข้ากันได้ การกำหนดตำแหน่งจัดเก็บ การเข้าถึงเอกสาร SDS และการจัดทำฐานข้อมูลสารเคมีดิจิทัล เพื่อประเมินผลก่อนและหลังการพัฒนาระบบ (ESPReL, 2558)

2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย การวิจัยครั้งนี้บูรณาการแนวคิดลีน ระบบฐานข้อมูลดิจิทัล หลักการจัดเก็บสารเคมีตามความเข้ากันได้ และมาตรฐาน ESPReL เพื่อพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัล โดยมุ่งลดความสูญเปล่าในการค้นหาและตรวจสอบสารเคมี พร้อมประเมินผลจากระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อก และผลการประเมินตาม ESPReL Checklist

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ภายใต้แนวคิดงานประจำสู่งานวิจัย (Routine to Research: R2R) โดยใช้รูปแบบการประเมินก่อนและหลังการพัฒนาระบบในกลุ่มเดียว (one-group pretest–posttest design) การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลสารเคมี และศึกษาสถานการณ์ปัจจุบัน ขั้นที่ 2 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์กระบวนการจัดการคลังสารเคมี ขั้นที่ 3 พัฒนาและทดลองใช้ระบบคลังสารเคมีดิจิทัล และขั้นที่ 4 ประเมินผลก่อนและหลังการพัฒนาระบบ



รูปที่ 1 แผนภาพการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบคลังสารเคมีตามแนวคิดลีน

3.2 พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการชีวเคมี สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งรับผิดชอบการจัดเก็บสารเคมี การเตรียมสารละลาย และสนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการทางชีวเคมี

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลสารเคมี และศึกษาสถานการณ์ปัจจุบัน

สำรวจสารเคมีทั้งหมดในห้องปฏิบัติการ และจัดทำทะเบียนสารเคมี โดยผลการสำรวจพบสารเคมี จำนวน 82 รายการ รวม 101 ขวด โดยรวบรวมข้อมูล ได้แก่ รหัสสารเคมี ชื่อสารเคมี หมายเลข CAS ผู้ผลิต เกรดสารเคมี ปริมาณคงเหลือ และตำแหน่งจัดเก็บ พร้อมตรวจสอบเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS)

ตอนที่ 2 การศึกษาปัญหาและวิเคราะห์กระบวนการจัดการคลังสารเคมี

ศึกษาระบบคลังสารเคมีเดิมจากการสังเกตการปฏิบัติงาน การสัมภาษณ์ และการระดมสมอง (Brainstorming) ร่วมกับการวิเคราะห์สาเหตุราก (Root Cause Analysis) จากนั้นประยุกต์ใช้แนวคิดลีนเพื่อระบุความสูญเปล่าที่เกิดจากการค้นหา การจัดเก็บ การตรวจสอบข้อมูล และการตรวจนับสารเคมี เพื่อนำผลไปใช้ในการออกแบบระบบคลังสารเคมีใหม่

ตอนที่ 3 การพัฒนาและทดลองใช้ระบบคลังสารเคมีตามแนวคิดลีน

พัฒนาระบบฐานข้อมูลสารเคมีด้วย Google Sheets เป็นฐานข้อมูลกลาง พร้อมกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) จัดทำ QR Code สำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลและข้อมูลของแต่ละกลุ่มการจัดเก็บ รวมทั้งเชื่อมโยงเอกสาร SDS ในรูปแบบดิจิทัล นอกจากนี้ จำแนกสารเคมีตามหลักความเข้ากันได้เป็น 6 กลุ่มการจัดเก็บ (Storage Group: SG1–SG6) พร้อมกำหนดพื้นที่จัดเก็บและป้ายระบุตำแหน่ง จากนั้นนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในการปฏิบัติงานจริงของห้องปฏิบัติการ ก่อนดำเนินการประเมินผลหลังการพัฒนาระบบ

ตอนที่ 4 การประเมินผลระบบคลังสารเคมี

ประเมินผลก่อนและหลังการพัฒนาระบบใน 2 ด้าน ได้แก่

1) ประสิทธิภาพของระบบ

- การประเมินระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี ใช้สารเคมีตัวอย่างจำนวน 20 รายการ ซึ่งคัดเลือกแบบเจาะจงให้ครอบคลุม Storage Group และตำแหน่งจัดเก็บที่แตกต่างกัน โดยใช้รายการสารเคมีชุดเดียวกันในการประเมินก่อนและหลังการพัฒนาระบบ ผู้ทดสอบเริ่มจับเวลาตั้งแต่ได้รับชื่อสารเคมีที่ต้องการค้นหา และหยุดเวลาเมื่อสามารถระบุตำแหน่ง และหยิบสารเคมีรายการนั้นได้ถูกต้อง บันทึกเวลาเป็นวินาที และคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยต่อรายการ

- การประเมินระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อกสารเคมี (Inventory Check Time) ประเมินจากการตรวจสอบสารเคมีทั้งหมด 82 รายการ รวม 101 ขวด จำนวน 3 รอบ ทั้งก่อนและหลังการพัฒนาระบบ

2) ความสอดคล้องตามเกณฑ์ ESPReL

ประเมินโดยใช้ ESPReL Checklist เฉพาะรายการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและการจัดเก็บสารเคมี โดยคำนวณร้อยละการปฏิบัติตามมาตรฐานจากจำนวนข้อที่ปฏิบัติได้เทียบกับจำนวนข้อที่ใช้ประเมินทั้งหมด (ไม่รวมรายการที่ไม่เกี่ยวข้อง)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ จำนวน (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อนำเสนอข้อมูลสารเคมี ผลการพัฒนาระบบและเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการพัฒนาระบบในด้านระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อก และผลการประเมินตาม ESPReL Checklist

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลสารเคมีและสภาพการจัดการคลังสารเคมี

จากการสำรวจสารเคมีในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีสารเคมี 82 รายการ รวม 101 ขวด ซึ่งจำแนกตามหลักความเข้ากันได้ออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ SG1–SG6 ใช้สนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการทางชีวเคมี โดยข้อมูลสารเคมีเดิมกระจายอยู่ในหลายแหล่ง ได้แก่ ข้อมูลการจัดซื้อ ฉลากบนภาชนะบรรจุ เอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS) คู่มือปฏิบัติการ และข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงาน แต่ยังไม่มีการรวบรวมเป็นฐานข้อมูลกลาง หรือระบบบริหารจัดการข้อมูล ส่งผลให้การค้นหา การตรวจสอบ และการติดตามข้อมูลสารเคมีเป็นไปด้วยความยุ่งยาก แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของห้องปฏิบัติการและระบบคลังสารเคมีก่อนการพัฒนา

รายการ	ข้อมูล
พื้นที่ศึกษา	ห้องปฏิบัติการชีวเคมี หลักสูตรชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ลักษณะห้องปฏิบัติการ	ห้องปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี
จำนวนสารเคมี	82 รายการ รวม 101 ขวด
แหล่งข้อมูลสารเคมีเดิม	ข้อมูลการจัดซื้อ ฉลากสารเคมี เอกสาร SDS คู่มือปฏิบัติการ และข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงาน
ฐานข้อมูลสารเคมี	ไม่มีฐานข้อมูลกลาง
ระบบสืบค้นข้อมูล	ไม่มีระบบสืบค้นข้อมูล
ระบบระบุตำแหน่งจัดเก็บ	ไม่มีการกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code)
การเชื่อมโยงเอกสาร SDS	ไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับ SDS
การจัดเก็บสารเคมี	จัดเก็บตามพื้นที่ใช้งาน ยังไม่มีระบบฐานข้อมูลดิจิทัลสนับสนุน

ผลการสำรวจสะท้อนให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการมีข้อมูลสารเคมีที่เพียงพอสำหรับการบริหารจัดการ แต่ยังขาดระบบฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ และระบบสนับสนุนการสืบค้นข้อมูล จึงเป็นที่มาของการพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลตามแนวคิดลีน

4.2 ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหา และแนวทางการพัฒนาระบบคลังสารเคมี

จากการศึกษาสภาพการปฏิบัติงานก่อนการพัฒนา ร่วมกับการวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยการสังเกต การระดมสมอง (Brainstorming) และการวิเคราะห์หาสาเหตุราก (Root Cause Analysis) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการจัดการคลังสารเคมี ได้แก่ การค้นหา การตรวจสอบข้อมูล และการตรวจนับสารเคมีที่ใช้เวลานาน จึงนำแนวคิดลีนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบคลังสารเคมีดิจิทัลเพื่อลดความสูญเปล่า และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการพัฒนาระบบคลังสารเคมี

ความสูญเปล่า	สาเหตุ	แนวทางการพัฒนา
การค้นหาสารเคมีใช้เวลานาน	ไม่มีฐานข้อมูลกลาง และไม่มีระบบระบุตำแหน่ง	จัดทำฐานข้อมูลสารเคมี และกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ
ข้อมูลสารเคมีกระจัดกระจาย	ข้อมูลอยู่ในหลายแหล่ง เช่น ใบสั่งซื้อ ฉลาก SDS และคู่มือปฏิบัติการ	รวบรวมข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลกลาง (Google Sheets)
ตรวจสอบข้อมูลสารเคมีได้ยาก	ไม่มีระบบสืบค้นข้อมูล	พัฒนาระบบค้นหาข้อมูล และเชื่อมโยงข้อมูลด้วย QR Code
การเข้าถึง SDS ไม่สะดวก	SDS จัดเก็บแยกจากข้อมูลสารเคมี	เชื่อมโยง SDS เข้ากับฐานข้อมูล
การตรวจนับสารเคมีใช้เวลานาน	ไม่มีข้อมูลตำแหน่งจัดเก็บ และไม่มีทะเบียนสารเคมีที่เป็นระบบ	จัดทำทะเบียนสารเคมี และกำหนดตำแหน่งจัดเก็บ
การจัดเก็บสารเคมีไม่เป็นระบบ	ยังไม่มีหลักเกณฑ์การจัดกลุ่ม และการกำหนดพื้นที่จัดเก็บที่ชัดเจน	จัดกลุ่มสารเคมี และกำหนดพื้นที่จัดเก็บตามหลักความปลอดภัย

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าการพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลสามารถลดความสูญเปล่าจากการค้นหาข้อมูล การตรวจสอบสารเคมี และการจัดเก็บที่ไม่เป็นระบบ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญของการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

4.3 ผลการพัฒนาระบบคลังสารเคมีตามแนวคิดลีน

จากผลการวิเคราะห์ปัญหา ได้พัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลโดยใช้ Google Sheets เป็นฐานข้อมูลกลาง พร้อมสร้าง QR Code สำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลสารเคมีของห้องปฏิบัติการ และ QR Code ประจำกลุ่มการจัดเก็บ (Storage Group) เพื่อสนับสนุนการค้นหาและการตรวจนับสารเคมี รวมทั้งเชื่อมโยงข้อมูลกับเอกสาร SDS และกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) สำหรับสารเคมีแต่ละรายการ ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ได้แก่ รหัสสารเคมี (Chemical Code) ชื่อสารเคมี (Chemical Name) หมายเลข CAS (CAS No.) กลุ่มการจัดเก็บ (Storage Group) ตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) การเชื่อมโยงเอกสาร SDS และ QR Code สำหรับการเข้าถึงข้อมูล นอกจากนี้ ได้จัดกลุ่มสารเคมีทั้งหมด 82 รายการ ครอบคลุม 101 ขวด ตามหลักความเข้ากันได้ของสารเคมี (Chemical Compatibility) โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการจัดเก็บ (Storage Group: SG1–SG6) เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีที่ไม่เข้ากัน เพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บ และอำนวยความสะดวกในการค้นหาและการเบิกใช้สารเคมี ผลการจัดกลุ่มสารเคมีพบว่า กลุ่มที่มีจำนวนมากที่สุดคือ SG3 สารอนินทรีย์ จำนวน 26 รายการ รองลงมาคือ SG4 สารอินทรีย์และชีวเคมี จำนวน 18 รายการ และ SG5 สารเคมีทั่วไป จำนวน 17 รายการ ขณะที่ SG6 สารเคมีที่ต้องแยกเก็บ มีจำนวน 6 รายการ ซึ่งจัดเก็บในพื้นที่เฉพาะพร้อมถาดรองรับสารเคมีเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำแนกสารเคมีตามกลุ่มการจัดเก็บ (Storage Group)

SG	ประเภท	จำนวนรายการสารเคมี (รายการ)
SG1	กรด	8
SG2	เบส	7
SG3	สารอนินทรีย์	26
SG4	สารอินทรีย์และชีวเคมี	18
SG5	สารเคมีทั่วไป	17
SG6	สารเคมีที่ต้องแยกเก็บ	6
รวม		82

หมายเหตุ: ห้องปฏิบัติการมีสารเคมีจำนวน 82 รายการ รวม 101 ขวด โดยสารเคมีบางรายการมีมากกว่าหนึ่งขวด

เกณฑ์การจำแนก: การจัดกลุ่มสารเคมีอาศัยข้อมูลจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS) ของผู้ผลิต ร่วมกับระบบการจำแนกและการติดฉลากสารเคมีตาม GHS (United Nations, 2023) แนวทาง *Chemical Segregation and Storage Guidelines* ของ National Institutes of

Health (NIH, 2024) ข้อกำหนดของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2024) และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องใน ESPReL Checklist

จากการจัดกลุ่มสารเคมีดังกล่าว ได้ออกแบบพื้นที่จัดเก็บให้สอดคล้องกับโครงสร้างของห้องปฏิบัติการจริง โดยกำหนดพื้นที่จัดเก็บหลักบนชั้นเปิดจำนวน 6 ช่อง สำหรับกลุ่ม SG1–SG6 และจัดเตรียมตู้เก็บด้านล่างแบบบานปิด สำหรับสารเคมีที่ต้องแยกเก็บหรือสารเคมีสำรอง พร้อมติดตั้งป้ายระบุกลุ่มการจัดเก็บและรหัสตำแหน่ง (Location Code) เพื่อให้สามารถค้นหา และตรวจสอบสารเคมีได้อย่างเป็นระบบ



รูปที่ 2 แผนผังการจัดเก็บสารเคมีตามหลักความเข้ากันได้ของสารเคมี

4.4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบและความสอดคล้องตามเกณฑ์ ESPReL

ผลการประเมินก่อนและหลังการพัฒนาระบบใน 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ ระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อก และผลการประเมินตาม ESPReL Checklist แสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 3 โดยพบว่า ระยะเวลาในการค้นหาสารเคมีลดลงจาก 98.00 ± 3.61 เป็น 35.33 ± 3.06 วินาที (ลดลงร้อยละ 62.93) ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อกลดลงจาก 91.24 ± 1.12 เป็น 34.28 ± 0.88 นาที (ลดลงร้อยละ 62.43) และผลการประเมิน ESPReL Checklist เพิ่มขึ้นจาก 15.15% เป็น 87.88% ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสารเคมี และเพิ่มระดับความสอดคล้องกับเกณฑ์ ESPReL ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและการจัดเก็บสารเคมี

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังการพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัล

ตัวชี้วัด	ก่อนพัฒนา	หลังพัฒนา	การเปลี่ยนแปลง
ระยะเวลาในการค้นหาสารเคมี (วินาที)	98.00 ± 3.61	35.33 ± 3.06	ลดลง 62.93%
ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อก (นาที)	91.24 ± 1.12	34.28 ± 0.88	ลดลง 62.43%
ผลการประเมิน ESPReL Checklist (%)	15.15	87.88	เพิ่มขึ้น 72.73 จุดร้อยละ

หมายเหตุ: ผลการประเมิน ESPReL คำนวณจากจำนวนข้อที่ปฏิบัติได้ 5 จาก 33 ข้อ และ 29 จาก 33 ข้อ ตามลำดับ



รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังการพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัล

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบคลังสารเคมีดิจิทัลตามแนวคิดลีน สำหรับห้องปฏิบัติการชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยประยุกต์ใช้ฐานข้อมูล Google Sheets ร่วมกับการกำหนดรหัสตำแหน่งจัดเก็บ (Location Code) การเชื่อมโยงข้อมูลด้วย QR Code การเชื่อมโยงเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Safety Data Sheet; SDS) และการจัดเก็บสารเคมีตามหลักความเข้ากันได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการคลังสารเคมี และสนับสนุนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการบริหารจัดการและการจัดเก็บสารเคมีของ ESPReL

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานอย่างชัดเจน โดยระยะเวลาเฉลี่ยในการค้นหาสารเคมีลดลงจาก 98.00 ± 3.61 เป็น 35.33 ± 3.06 วินาที (ลดลงร้อยละ 62.93) ระยะเวลาในการตรวจสอบสต็อกสารเคมีลดลงจาก 91.24 ± 1.12 เป็น 34.28 ± 0.88 นาที (ลดลงร้อยละ 62.43) และผลการประเมินตาม ESPReL Checklist เพิ่มขึ้นจาก 15.15% เป็น 87.88% สะท้อนว่าการมีฐานข้อมูลกลาง การกำหนดตำแหน่งจัดเก็บที่ชัดเจน การเข้าถึงข้อมูลผ่าน QR Code และการจัดเก็บสารเคมี

ตามหลักความเข้ากันได้ ช่วยลดความสูญเปล่าในการปฏิบัติงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาและตรวจสอบสารเคมี และส่งเสริมการปฏิบัติให้สอดคล้องกับเกณฑ์ ESPReL ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการสารเคมี

ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิด Lean Thinking ของ Womack และ Jones (2003) ที่มุ่งลดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า โดยเฉพาะการค้นหา การรอคอย และการทำงานซ้ำ รวมทั้งสอดคล้องกับงานของ วริญดา ประทุมวัลย์ (2566) และ จรรยา ชื่นอารมณ์ (2565) ที่รายงานว่าการใช้ฐานข้อมูลดิจิทัลร่วมกับ QR Code ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสารเคมี และลดระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูล นอกจากนี้ การจัดเก็บสารเคมีตามหลักความเข้ากันได้ และการเชื่อมโยงข้อมูลกับเอกสาร SDS ยังสนับสนุนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับแนวทางของ ESPReL และมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ดำเนินการในห้องปฏิบัติการชีวเคมีเพียงแห่งเดียว จึงควรประเมินผลในห้องปฏิบัติการประเภทอื่นเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของระบบในบริบทที่แตกต่างกัน และพัฒนาต่อยอดให้รองรับการติดตามวันหมดอายุ การแจ้งเตือนปริมาณคงเหลือ การบันทึกการเบิก–จ่าย และการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของหน่วยงาน เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง

6. เอกสารอ้างอิง

โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL). (2558). *คู่มือมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย*. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.).

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (Rev. and updated ed.). Free Press.

จรรยา ชื่นอารมณ์. (2565). การพัฒนาสารบบสารเคมีในห้องปฏิบัติการทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. *Mahidol R2R e-Journal, 9*(1), 29–42.

วริญดา ประทุมวัลย์. (2566). การพัฒนาระบบการจัดการสารเคมีของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. *วารสารวิชาการ ปขมท., 12*(1), 185–195.

United Nations. (2023). *Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)* (10th rev. ed.). https://unece.org/transport/dangerous-goods/ghs-rev10-2023

National Institutes of Health. (2024). *Chemical segregation and storage guidelines*. https://ors.od.nih.gov/sr/dohs/safety/laboratory/Pages/chemical-segregation.aspx

Occupational Safety and Health Administration. (2024). *Occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories (29 CFR 1910.1450).* https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1450

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในการผลิตมะม่วงของเกษตรกร ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

องค์อร ทิพย์มูล[1*] รุจ ศิริลักษณ์[1] สุกิจ กันจินะ[1] และ พิมพ์ใจ สีหะนาม[2]

[1] ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
*E-mail: Ongon_tipmoon@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) ในการผลิตมะม่วงของเกษตรกรในตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เก็บข้อมูลจากเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วง จำนวน 178 ราย ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง กำหนดเกณฑ์จำแนก "ผู้ยอมรับ" คือ เกษตรกรที่รายงานว่ามีประสบการณ์การผลิตมะม่วงในระบบ GAP ตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป ซึ่งหมายถึงได้เข้าสู่ระบบรับรองอย่างเป็นทางการแล้ว ส่วน "ผู้ไม่ยอมรับ" คือ เกษตรกรที่ยังไม่ได้เข้าสู่ระบบรับรอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ binary logistic regression ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรร้อยละ 67.4 เป็นผู้ยอมรับ และร้อยละ 32.6 เป็นผู้ไม่ยอมรับ ปัจจัยที่สัมพันธ์ทางบวกกับโอกาสการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ประสบการณ์การผลิตมะม่วง (OR = 1.49) และพื้นที่การผลิตมะม่วง (OR = 1.39) ส่วนปัจจัยที่สัมพันธ์ทางลบกับโอกาสการยอมรับ ได้แก่ จำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสาร (OR = 0.60) รายได้รวม (OR = 0.70) และการเป็นเพศหญิง (OR = 0.36) แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูล (Hosmer–Lemeshow χ^2 = 4.63, p = .797) มีค่า McFadden R^2 = 0.326 และจำแนกกลุ่มถูกต้องร้อยละ 77.5 นอกจากนี้พบว่าคะแนนการปฏิบัติตามแนวทาง GAP ของผู้ยอมรับสูงกว่าผู้ไม่ยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับต่ำ (65.4 และ 60.2 จากคะแนนเต็ม 93; p = .010, Cohen's d = 0.37) แสดงว่าการยังไม่เข้าสู่ระบบรับรองมิได้สะท้อนการขาดความรู้หรือความสามารถในการปฏิบัติ ข้อเสนอแนะจากการวิจัยคือ หน่วยงานส่งเสริมควรลดอุปสรรคเชิงกระบวนการและเชิงโครงสร้างในการขอรับรอง โดยเฉพาะข้อจำกัดด้านการถือครองที่ดินที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์

คำสำคัญ: การยอมรับ, ระบบมาตรฐานเกษตรที่ดีและเหมาะสม, มะม่วง, เชียงใหม่

Factors Associated with Entry into the Good Agricultural Practices Certification System in Mango Production among Farmers in Thung Khao Phuang Subdistrict, Chiang Dao District, Chiang Mai Province

Ongon Tipmoon[1*] Ruth Sirisunyaluck[1] Sukit Kanjina[1] and Pimjai Seehanam[2]

[1] Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

*E-mail: Ongon_tipmoon@cmu.ac.th

Abstract

This study analyzed the factors associated with farmers' entry into the Good Agricultural Practices (GAP) certification system for mango production in Thung Khao Phuang Subdistrict, Chiang Dao District, Chiang Mai Province. Data were collected from 178 mango farmers through structured interviews. Adopters were defined as farmers reporting at least one year of mango production within the GAP system, indicating formal entry into certification; non-adopters were those who had not yet entered the system. Descriptive statistics and binary logistic regression were applied. Of the farmers surveyed, 67.4 percent were adopters and 32.6 percent were non-adopters. Mango-production experience (OR = 1.49) and mango-production area (OR = 1.39) were positively associated with the likelihood of adoption, whereas the number of information sources (OR = 0.60), total income (OR = 0.70), and being female (OR = 0.36) were negatively associated with it. The model fit the data adequately (Hosmer–Lemeshow $\chi^2 = 4.63$, $p = .797$), with a McFadden R^2 of 0.326 and 77.5 percent of cases correctly classified. Adopters scored significantly higher on GAP practice than non-adopters, although the effect size was small (65.4 versus 60.2 out of 93; $p = .010$, Cohen's $d = 0.37$), indicating that non-adoption reflects incomplete formal registration rather than a lack of knowledge or capability. The study recommends that extension agencies reduce the procedural and structural barriers to certification, particularly landholding without a title deed.

Keywords: Adoption, Good Agricultural Practices, Mango, Chiang Mai

1. บทนำ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ที่สุดในภาคเหนือ มีพื้นที่ทางการเกษตรประมาณ 3,449,428 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 24.60 ของพื้นที่จังหวัด (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2568) พื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่กระจายอยู่ในหลายอำเภอ เช่น อำเภอเชียงดาว ซึ่งมีการเพาะปลูกพืชไร่เชิงเดี่ยว โดยเฉพาะข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ และมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรในปริมาณสูง ส่งผลให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรม การชะล้างพังทลายของหน้าดิน และผลกระทบต่อระบบนิเวศต้นน้ำ (สำนักงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่, 2568)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานหลักหน่วยงานหนึ่งที่ดำเนินการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง ในจังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวิจัยฯ ได้ดำเนินงานในพื้นที่นำร่อง คือ ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตจากพืชไร่เชิงเดี่ยวมาเป็นไม้ผลเศรษฐกิจ เช่น มะม่วง ควบคู่กับการส่งเสริมระบบการผลิตตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) ตามหลักเกณฑ์ของกรมวิชาการเกษตร เพื่อยกระดับคุณภาพผลผลิต ลดการใช้สารเคมี และเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2568; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566)

จากข้อมูลการดำเนินงานในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยเป้า พบว่ามีการส่งเสริมการปลูกมะม่วงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ปัจจุบันมีเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในพื้นที่รวมกว่า 315 ราย อย่างไรก็ตาม จำนวนเกษตรกรที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ยังมีสัดส่วนไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ปลูกทั้งหมด ขณะที่ยังมีกลุ่มเกษตรกรที่แสดงความสนใจเข้าสู่ระบบมาตรฐาน แต่ยังไม่ได้ดำเนินการขอรับรองอย่างเป็นทางการ สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นช่องว่างระหว่างการปลูกพืชเศรษฐกิจทดแทนกับการยกระดับสู่ระบบมาตรฐานการผลิตที่เกิดขึ้นในพื้นที่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2568)

การศึกษาการยอมรับระบบ GAP ในประเทศไทยที่ผ่านมาดำเนินการในพืชและพื้นที่ที่หลากหลาย ณัฐวุฒิ จั่นทอง และคณะ (2566) ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตกล้วยหอมในเขตภาคกลางตอนบน โสธร เกิดแก้ว และคณะ (2558) ศึกษาการปฏิบัติของผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดปทุมธานี กรรณรัตน์ สุเมธาวัฒนพงศ์ และคณะ (2566) ศึกษาผู้ปลูกลิ้นจี่ในจังหวัดพะเยา ส่วนงานที่ศึกษามะม่วงโดยตรง ได้แก่ วิภาดา แดงมา (2562) ในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา และ กาญจนกนก วิหาละ และคณะ (2564) ในอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ งานเหล่านี้ให้ภาพปัจจัยด้านประสบการณ์รายได้ ระดับการศึกษา และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารไว้ค่อนข้างสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม งานส่วนใหญ่วัด "การยอมรับ" จากระดับการปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ซึ่งเป็นการวัดที่เหมาะกับบริบทที่เกษตรกรยังเข้าถึงการฝึกอบรมและข้อมูลข่าวสารไม่ทั่วถึง เพราะในบริบทเช่นนั้นความแตกต่างของระดับการปฏิบัติสะท้อนความแตกต่างของการเข้าถึงความรู้ได้โดยตรง

บริบทของตำบลทุ่งข้าวพวงแตกต่างออกไป เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่ได้รับการฝึกอบรมและการสนับสนุนทางวิชาการจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) อย่างทั่วถึง ความรู้และการปฏิบัติจึงมิใช่สิ่งที่จำแนกเกษตรกรออกจากกัน สิ่งที่ยังแตกต่างกันคือการเข้าสู่ระบบรับรองอย่างเป็นทางการ ซึ่งเป็นกระบวนการเชิงสถาบันที่ต้องอาศัยเอกสารสิทธิ์ที่ดิน การบันทึกข้อมูลการผลิต และการติดต่อกับหน่วยรับรอง การวัดการยอมรับจากระดับการปฏิบัติจึงไม่สามารถแยกสองสิ่งนี้ออกจากกันได้ อีกทั้งพื้นที่สูงยังมีลักษณะการ

ถือครองที่ดินที่ต่างจากพื้นที่ราบซึ่งเป็นที่ตั้งของงานวิจัยส่วนใหญ่ การศึกษานี้จึงนิยามการยอมรับเป็นการเข้าสู่ระบบรับรองอย่างเป็นทางการ และวิเคราะห์ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบดังกล่าวโดยตรง เพื่อเติมช่องว่างองค์ความรู้ว่าเหตุใดเกษตรกรที่มีความรู้และปฏิบัติได้แล้วจำนวนหนึ่งจึงยังไม่เข้าสู่ระบบรับรอง ซึ่งเป็นประเด็นที่มีความหมายเชิงนโยบายต่อการส่งเสริมมาตรฐานสินค้าเกษตรบนพื้นที่สูง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบการรับรองการผลิตมะม่วงในระบบมาตรฐานเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดแนวทางส่งเสริมการผลิตมะม่วงตามมาตรฐาน GAP ให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Rogers (2003) อธิบายว่ากระบวนการยอมรับนวัตกรรม (adoption process) เป็นกระบวนการทางความคิดของบุคคลตั้งแต่การรับรู้จนถึงการนำไปปฏิบัติ ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นความรู้ (knowledge) ขั้นชักจูง (persuasion) ขั้นตัดสินใจ (decision) ขั้นลงมือปฏิบัติ (implementation) และขั้นยืนยัน (confirmation) และได้จำแนกผู้รับนวัตกรรมตามความช้าเร็วในการยอมรับออกเป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มที่รับแรกสุด (innovators) กลุ่มที่รับเร็ว (early adopters) กลุ่มใหญ่ที่รับก่อน (early majority) กลุ่มใหญ่ที่รับช้า (late majority) และกลุ่มล้าหลัง (laggards) โดยความช้าเร็วของการยอมรับสัมพันธ์กับการยอมรับนับถือในชุมชน ความพร้อมของทรัพยากรและฐานะทางเศรษฐกิจ ตลอดจนแรงกดดันทางสังคม

ในการศึกษานี้ การเข้าสู่ระบบรับรอง GAP อย่างเป็นทางการจัดเป็นการยอมรับในขั้นตัดสินใจ ขั้นลงมือปฏิบัติ และขั้นยืนยันตามแนวคิดของ Rogers (2003) ซึ่งสอดคล้องกับ Feder et al. (1985) ที่นิยามการยอมรับระดับฟาร์มว่าเป็นระดับการใช้เทคโนโลยีที่คงที่ในระยะยาว และแยกการตัดสินใจยอมรับ (decision) ออกจากความเข้มข้นของการใช้ (intensity) ทั้งนี้ Feder et al. (1985) ยังชี้ว่าขนาดฟาร์ม ระดับการศึกษา และประสบการณ์ เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตร

สำหรับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agricultural Practices: GAP) หมายถึง การจัดการกระบวนการผลิตทางการเกษตรอย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ปลอดภัย มีคุณภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐาน มกษ. 9001-2564 ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) โดยมีกรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยรับรองครอบคลุมการปฏิบัติ 8 ด้าน ได้แก่ แหล่งน้ำ พื้นที่ปลูก การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร การจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การพักผลิตผลและการขนย้าย สุขลักษณะส่วนบุคคล และการบันทึกข้อมูลและการตามสอบ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2564) ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ศึกษาการยอมรับและการปฏิบัติตามระบบ GAP ในพืชหลาย ๆ ชนิด เช่น การผลิตกล้วยหอม (ณัฐวุฒิ จั่นทอง และคณะ, 2566) มะม่วง (วิภาดา แดงมา, 2562; กาญจนกนก วิหาละ และคณะ, 2564) ปาล์มน้ำมัน (โสธร เกิดแก้ว และคณะ, 2558) และลิ้นจี่ (กรรณรัตน์ สุเมธาวัฒนพงศ์ และคณะ, 2566) ซึ่งพบว่าปัจจัยด้านประสบการณ์ รายได้ ระดับการศึกษา และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารมีความสัมพันธ์กับการยอมรับในทิศทางที่แตกต่างกันตามบริบทของพืชและพื้นที่ ผู้วิจัยจะนำผลการศึกษาเหล่านี้มาเปรียบเทียบและอภิปรายร่วมกับผลของการศึกษานี้ในหัวข้อสรุปและอภิปรายผล

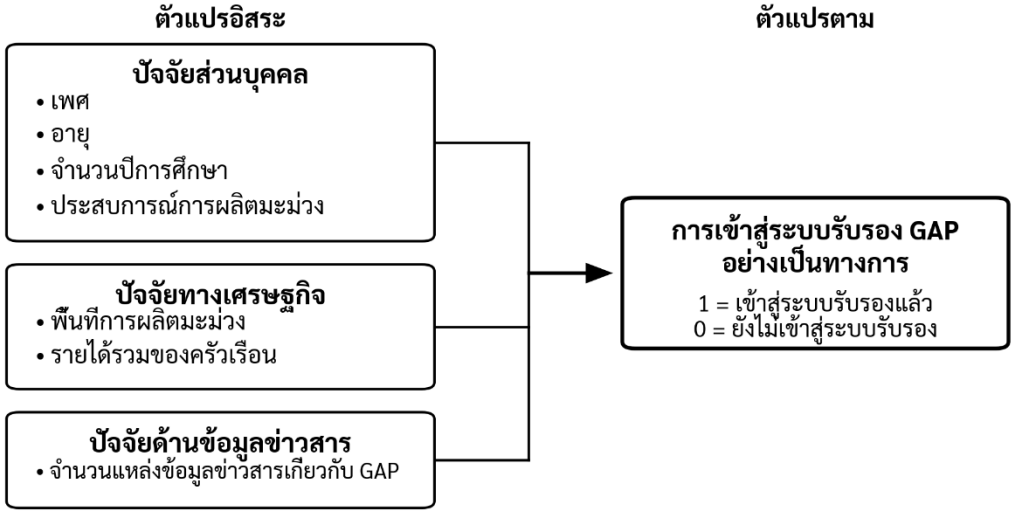
จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยข้างต้น การศึกษานี้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยโดยให้ตัวแปรตามคือการเข้าสู่ระบบรับรอง GAP อย่างเป็นทางการและจำแนกตัวแปรอิสระที่คาดว่าเกี่ยวข้องออกเป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 1) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ จำนวนปีการศึกษา และประสบการณ์การผลิตมะม่วง

กลุ่มที่ 2 ปัจจัยทางเศรษฐกิจ ได้แก่ พื้นที่การผลิตมะม่วง และรายได้รวมของครัวเรือน

กลุ่มที่ 3 ปัจจัยด้านข้อมูลข่าวสาร ได้แก่ จำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ GAP ที่เกษตรกรได้รับ

รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



การคัดเลือกตัวแปรทั้งสามกลุ่มอาศัยข้อเสนอของ Feder et al. (1985) ที่ระบุว่าขนาดฟาร์ม ระดับการศึกษาและประสบการณ์ เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีทางการเกษตร ประกอบกับแนวคิดของ Rogers (2003) ที่ชี้ว่าความพร้อมของทรัพยากร ฐานะทางเศรษฐกิจ และการได้รับข้อมูลข่าวสารมีความเกี่ยวข้องกับความช้าเร็วในการยอมรับนวัตกรรม รวมทั้งตัวแปรที่งานวิจัยการยอมรับระบบ GAP ในพืชชนิดต่าง ๆ ใช้ร่วมกัน

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจซึ่งมุ่งตรวจสอบว่าตัวแปรใดสัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบรับรองในบริบทของพื้นที่ศึกษา จึงมิได้กำหนดสมมติฐานระบุทิศทางความสัมพันธ์ไว้ล่วงหน้า เนื่องจากผลการศึกษาที่ผ่านมาให้ทิศทางความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันตามชนิดพืชและบริบทของพื้นที่ โดยเฉพาะตัวแปรรายได้ ซึ่ง ณัฐวุฒิ จั่นทอง และคณะ (2566) พบความสัมพันธ์ทางบวกจากรายได้เฉพาะพืชเป้าหมาย ขณะที่ วิภาดา แดงมา (2562) พบความสัมพันธ์ทางลบจากรายได้นอกภาคเกษตร การกำหนดทิศทางไว้ล่วงหน้าในบริบทเช่นนี้จึงอาจไม่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้รับการฝึกอบรม GAP จากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จำนวน 315 ราย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของ Yamane (1967) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำ 177 ราย ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน เพื่อเลือกเกษตรกรสำหรับการเก็บข้อมูล และดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2567 ถึง เดือนมกราคม 2568 ทั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากเกษตรกรทั้งสิ้น 180 ราย และภายหลังการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ คงเหลือขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 178 ราย

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ประกอบด้วยคำถามปลายปิดและปลายเปิด แบ่งเป็น 6 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ ตอนที่ 3 แหล่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตมะม่วงในระบบ GAP ตอนที่ 4 ความรู้เกี่ยวกับระบบ GAP (ข้อคำถามแบบถูก/ผิด จำนวน 20 ข้อ) ตอนที่ 5 การปฏิบัติตามแนวทาง GAP (ข้อคำถามแบบมาตรประมาณค่า 4 ระดับ จำนวน 31 ข้อ) และตอนที่ 6 ความคิดเห็น ปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะ (คำถามปลายเปิด) ทั้งนี้ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ โดยเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมพิจารณาความครอบคลุมของข้อคำถาม ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และความเหมาะสมของภาษา จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 ราย ในพื้นที่บ้านปางแดงใน ตำบลเชียงดาว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมิได้เป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย ผลการทดลองใช้พบว่าแบบวัดการปฏิบัติตามแนวทาง GAP จำนวน 31 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.934 ส่วนแบบวัดความรู้เกี่ยวกับ GAP ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบสองตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ KR-20 ที่คำนวณจากกลุ่มทดลองใช้อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบได้ทั่วไปในการประมาณค่าความเชื่อมั่นของข้อคำถามแบบสองตัวเลือกเมื่อกลุ่มทดลองใช้มีขนาดเล็ก เนื่องจากค่าความแปรปรวนรายข้อยังไม่เสถียร ผู้วิจัยจึงดำเนินการเก็บข้อมูลจริงโดยอาศัยผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาเป็นหลัก และรายงานค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความรู้จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจริง (n = 178) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ KR-20 เท่ากับ 0.73 ทั้งนี้เมื่อคำนวณจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจริงชุดเดียวกัน แบบวัดการปฏิบัติมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.95 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้นำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อบรรยายลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรและวิเคราะห์ปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อการยอมรับโดยใช้ binary logistic regression โดยตัวแปรตามคือสถานะการเข้าสู่ระบบรับรอง GAP (1 = เข้าสู่ระบบแล้ว, 0 = ยังไม่เข้าสู่ระบบ) จำแนกจากคำถามที่ให้เกษตรกรระบุจำนวนปีที่ผลิตมะม่วงในระบบ GAP โดยผู้ที่ระบุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป หมายถึงได้ผ่านกระบวนการยื่นขอและได้รับการรับรองแล้วอย่างน้อยหนึ่งรอบการผลิต เนื่องจากการเข้าสู่ระบบรับรองในพื้นที่ศึกษาดำเนินการผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) เป็นผู้ประสานงาน เกษตรกรจึงรับรู้สถานะการรับรองของตนเองได้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การจำแนกด้วยวิธีนี้อาศัยการรายงานของเกษตรกรเป็นหลัก มิได้ตรวจสอบกับใบรับรองหรือทะเบียน

GAP โดยตรง ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ระบุไว้ในหัวข้อ 5 เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาเกษตรกรได้รับการฝึกอบรม GAP อย่างทั่วถึง การยังไม่เข้าสู่ระบบรับรองจึงหมายความว่ายังไม่ได้ดำเนินการขอรับรองอย่างเป็นทางการ มิใช่การขาดความรู้ในแนวทางปฏิบัติ

ตัวแปรอิสระประกอบด้วยปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางเศรษฐกิจ และปัจจัยด้านข้อมูลข่าวสาร ได้แก่ เพศ (หญิง = 1) อายุ จำนวนปีการศึกษา ประสบการณ์การผลิตมะม่วง พื้นที่การผลิตมะม่วง รายได้รวมต่อปี (ต่อ 100,000 บาท) และจำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ GAP รายงานผลด้วยค่าสัมประสิทธิ์ (b) ค่าอัตราส่วนความน่าจะเป็น (Odds Ratio: OR) และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ประเมินความกลมกลืนของแบบจำลองด้วยค่า McFadden pseudo-R^2 และร้อยละการจำแนกถูกต้อง นอกจากนี้ได้คำนวณคะแนนการปฏิบัติตามแนวทาง GAP (ผลรวม 31 ข้อ ช่วงคะแนน 0–93) และคะแนนความรู้เกี่ยวกับ GAP เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบเชิงพรรณนา

ก่อนการวิเคราะห์ ผู้วิจัยตรวจสอบ multicollinearity ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าปัจจัยการขยายความแปรปรวน (variance inflation factor: VIF) พบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.439 (ระหว่างอายุกับประสบการณ์การผลิตมะม่วง) และค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.07–1.70 (ค่าความทน 0.59–0.94) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 10 จึงสรุปได้ว่า ไม่พบ multicollinearity ระหว่างตัวแปรอิสระ สำหรับการประเมินคุณภาพของแบบจำลอง ผู้วิจัยใช้การทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (likelihood ratio test) เพื่อทดสอบนัยสำคัญของแบบจำลองโดยรวม ใช้การทดสอบ Hosmer–Lemeshow เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่พยากรณ์กับค่าที่สังเกตได้ และรายงานค่า McFadden pseudo-R^2 ค่า Nagelkerke R^2 ค่า Akaike information criterion (AIC) รวมทั้งร้อยละการจำแนกถูกต้อง

4. ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร เกษตรกรผู้ผลิตมะม่วง จำนวน 178 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 77.5) มีอายุเฉลี่ย 50.7 ปี (SD = 10.6) จบการศึกษาระดับประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ มีจำนวนปีการศึกษาเฉลี่ย 6.9 ปี (SD = 3.9) และประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก (ร้อยละ 79.2) มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.6 คน มีประสบการณ์การผลิตมะม่วงเฉลี่ย 8.0 ปี (SD = 3.6) และมีประสบการณ์การผลิตในระบบ GAP เฉลี่ย 2.5 ปี (SD = 2.6) ในด้านเศรษฐกิจ มีพื้นที่การเกษตรเฉลี่ย 12.2 ไร่ และพื้นที่ผลิตมะม่วงเฉลี่ย 6.5 ไร่ มีรายได้รวมเฉลี่ย 192,185 บาทต่อปี โดยร้อยละ 47.8 ถือครองที่ดินที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ และร้อยละ 78.1 มีหนี้สินอย่างน้อยหนึ่งแหล่ง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร (n = 178)

ลักษณะ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
เพศ		
- ชาย	138	77.5
- หญิง	40	22.5
ระดับการศึกษา		
- ไม่ได้ศึกษา	24	13.5
- ประถมศึกษา	102	57.3
- มัธยมศึกษาตอนปลาย	30	16.9
- อื่น ๆ (ม.ต้น/ปวช./ปวส./ป.ตรี)	22	12.4
อาชีพหลัก		
- เกษตรกรรม	141	79.2
- รับจ้าง	31	17.4
- อื่น ๆ	6	3.4
การถือครองที่ดินผลิตมะม่วง		
- ที่ดินของตนเอง	65	36.5
- ไม่มีเอกสารสิทธิ์	85	47.8
- อื่น ๆ (ญาติ/ส.ป.ก./น.ส.3)	28	15.7
การมีหนี้สิน		
- มีหนี้สิน (อย่างน้อยหนึ่งแหล่ง)	139	78.1
- ไม่มีหนี้สิน	39	21.9

4.2 ความรู้และระดับการปฏิบัติตามแนวทาง GAP เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับ GAP อยู่ในระดับสูงเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 70.2 อยู่ในกลุ่มคะแนนสูง) และมีคะแนนการปฏิบัติตามแนวทาง GAP เฉลี่ย 63.7 จากคะแนนเต็ม 93 (SD = 14.1) คิดเป็นคะแนนรายข้อเฉลี่ย 2.05 จาก 3.00 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการบันทึกข้อมูลและการตามสอบมีคะแนนรายข้อเฉลี่ยต่ำที่สุด (1.69) รองลงมาคือด้านการจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว (1.97) ขณะที่ด้านแหล่งน้ำมีคะแนนสูงที่สุด (2.26)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 2) พบว่าผู้ยอมรับมีคะแนนการปฏิบัติเฉลี่ยสูงกว่าผู้ไม่ยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (65.38 และ 60.21 ตามลำดับ; Welch's t = 2.608, df = 151.84, p = .010) แต่ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับต่ำ (Cohen's d = 0.371) โดยผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.18 คะแนน จากคะแนนเต็ม 93 คะแนน ซึ่งคิดเป็นเพียงร้อยละ 5.6 ของคะแนนเต็ม และผู้ไม่ยอมรับยังทำคะแนนได้ถึงร้อยละ 64.7 ของคะแนนเต็ม ในทางกลับกันคะแนนความรู้ของผู้ไม่ยอมรับสูงกว่าผู้ยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(17.74 และ 15.20 จากคะแนนเต็ม 20; Welch's t = −6.935, df = 174.49, p < .001) ผลทั้งสองส่วนสอดคล้องกันในการชี้ว่าเกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานความรู้และความสามารถในการปฏิบัติที่ใกล้เคียงกัน การยังไม่เข้าสู่ระบบรับรองจึงมิได้สะท้อนการขาดความรู้หรือการปฏิบัติไม่ได้ หากแต่เป็นการยังไม่ได้ดำเนินการเข้าสู่กระบวนการรับรองอย่างเป็นทางการ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนความรู้และคะแนนการปฏิบัติตามแนวทาง GAP ระหว่างผู้ยอมรับและผู้ไม่ยอมรับ (n = 178)

ตัวแปร	ผู้ยอมรับ (n = 120)	ผู้ไม่ยอมรับ (n = 58)	ผลต่าง	t	p
คะแนนความรู้ (0–20)	15.20 (3.19)	17.74 (1.69)	−2.54	−6.935	<.001
คะแนนการปฏิบัติ (0–93)	65.38 (15.21)	60.21 (10.80)	5.18	2.608	.010

หมายเหตุ: ค่าในวงเล็บคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ด้วย Welch's t-test เนื่องจากความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน (Levene's test สำหรับคะแนนการปฏิบัติ F = 9.443, p = .003 และสำหรับคะแนนความรู้ F = 41.156, p < .001) ขนาดอิทธิพลของคะแนนการปฏิบัติ Cohen's d = 0.371 ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของผลต่าง = [0.78, 9.57] การทดสอบด้วยสถิติ Mann–Whitney U ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน (U = 4,553.0, p < .001)

4.3 อัตราการยอมรับและปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับ จากเกษตรกร 178 ราย เป็นผู้ยอมรับ (เข้าสู่ระบบรับรอง GAP อย่างเป็นทางการ) 120 ราย คิดเป็นร้อยละ 67.4 และเป็นผู้ไม่ยอมรับ 58 ราย คิดเป็นร้อยละ32.6 ผลการวิเคราะห์ binary logistic regression (ตารางที่ 3) พบว่าประสบการณ์การผลิตมะม่วงและพื้นที่การผลิตมะม่วงสัมพันธ์ทางบวกกับโอกาสการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .001) โดยประสบการณ์ที่เพิ่มขึ้น 1 ปี สัมพันธ์กับโอกาสการยอมรับที่เพิ่มขึ้นเป็น 1.49 เท่า (95% CI = 1.20–1.84) และพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น 1 ไร่ สัมพันธ์กับโอกาสที่เพิ่มขึ้นเป็น 1.39 เท่า (95% CI = 1.16–1.66) ในทางกลับกัน จำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสาร (OR = 0.60, 95% CI = 0.43–0.84, p = .002) รายได้รวม (OR = 0.70, 95% CI = 0.53–0.92, p = .011) และการเป็นเพศหญิง (OR = 0.36, 95% CI = 0.14–0.91, p = .031) สัมพันธ์ทางลบกับโอกาสการยอมรับ ส่วนอายุและจำนวนปีการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แบบจำลองมีนัยสำคัญโดยรวม (likelihood ratio $\chi^2(7) = 73.216$, $p < .001$) มีค่า McFadden R^2 เท่ากับ 0.326 และ Nagelkerke R^2 เท่ากับ 0.470 ค่า AIC เท่ากับ 167.49 ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองที่ไม่มีตัวแปรอิสระ (AIC = 226.71) แสดงว่าชุดตัวแปรอิสระช่วยอธิบายการเข้าสู่ระบบรับรองได้ดีขึ้น ผลการทดสอบ Hosmer–Lemeshow ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2(8) = 4.627$, $p = .797$) แสดงว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แบบจำลองจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องรวมร้อยละ 77.5 (จำแนกผู้ยอมรับถูกต้องร้อยละ 87.5 และผู้ไม่ยอมรับถูกต้องร้อยละ 56.9) และมีค่าพื้นที่ใต้โค้ง ROC เท่ากับ 0.858

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระบบรับรอง GAP ในการผลิตมะม่วง (n = 178)

ตัวแปร	b	S.E.	z	OR	95% CI ของ OR	p
ค่าคงที่ (Intercept)	3.525	2.162	1.63	–	–	.103
เพศ (หญิง = 1)	−1.035*	0.481	−2.15	0.355	0.138–0.911	.031
อายุ (ปี)	−0.036	0.023	−1.55	0.964	0.921–1.010	.120
จำนวนปีการศึกษา (ปี)	0.090	0.073	1.23	1.094	0.948–1.264	.218
ประสบการณ์การผลิตมะม่วง (ปี)	0.397***	0.109	3.66	1.488	1.202–1.841	<.001
พื้นที่การผลิตมะม่วง (ไร่)	0.326***	0.092	3.56	1.386	1.158–1.658	<.001
รายได้รวม (1 หน่วย = 100,000 บาท/ปี)	−0.361*	0.143	−2.53	0.697	0.527–0.921	.011
จำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสาร (แหล่ง)	−0.508**	0.167	−3.04	0.602	0.434–0.835	.002

หมายเหตุ: ตัวแปรตามคือการเข้าสู่ระบบรับรอง GAP (1 = เข้าสู่ระบบ, 0 = ยังไม่เข้าสู่ระบบ); likelihood ratio $\chi^2(7) = 73.216$, $p < .001$; McFadden $R^2 = 0.326$; Nagelkerke $R^2 = 0.470$; AIC = 167.49; Hosmer–Lemeshow $\chi^2(8) = 4.627$, $p = .797$; ร้อยละการจำแนกถูกต้องรวม = 77.5; ค่า VIF อยู่ระหว่าง 1.07–1.70; OR = อัตราส่วนความน่าจะเป็น (odds ratio); CI = ช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval); * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

5. สรุปและอภิปรายผล

เกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงในตำบลทุ่งข้าวพวงส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 50.7 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษา มีประสบการณ์การผลิตมะม่วงเฉลี่ย 8 ปี และเกือบครึ่งหนึ่งถือครองที่ดินที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ เกษตรกรร้อยละ 67.4 เป็นผู้ยอมรับการผลิตตามระบบ GAP อย่างเป็นทางการ ปัจจัยที่สัมพันธ์ทางบวกกับโอกาสการยอมรับ ได้แก่ ประสบการณ์การผลิตมะม่วงและพื้นที่การผลิตมะม่วง ส่วนปัจจัยที่สัมพันธ์ทางลบได้แก่ จำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสาร รายได้รวม และการเป็นเพศหญิง

ผลที่ว่าประสบการณ์การผลิตและพื้นที่การผลิตสัมพันธ์ทางบวกกับการเข้าสู่ระบบรับรอง สะท้อนว่าการขอรับรอง GAP มีต้นทุนแรกเข้าที่เกษตรกรต้องรับภาระเองก่อนจะเห็นผลตอบแทน ทั้งเวลาในการเรียนรู้ข้อกำหนด การจัดทำบันทึกการผลิต และการรอรอบการตรวจประเมิน ต้นทุนเหล่านี้ไม่แปรผันตามขนาดการผลิต เกษตรกรที่มีพื้นที่มากจึงเฉลี่ยต้นทุนต่อไร่ได้ต่ำกว่าขณะที่เกษตรกรที่ผลิตมานานมีความคุ้นเคยกับรอบการผลิตและมีข้อมูลเดิมสำหรับจัดทำบันทึกมากกว่า ข้อสังเกตนี้ตรงกับข้อเสนอของ Feder et al. (1985) ที่ระบุว่าการเรียนรู้และการเข้าถึงตลาดมีลักษณะเป็นต้นทุนคงที่ซึ่งเอื้อต่อเกษตรกรรายใหญ่มากกว่ารายย่อย และสอดคล้องกับผลของณัฐวุฒิ จั่นทอง และคณะ (2566) รวมทั้ง วิภาดา แดงมา (2562) ที่พบว่าประสบการณ์การผลิตสัมพันธ์ทางบวกกับการยอมรับระบบ GAP

ผลที่รายได้รวมสัมพันธ์ทางลบกับการเข้าสู่ระบบรับรองเป็นผลที่ต่างจากงานวิจัยเดิม ผู้วิจัยเห็นว่าความต่างนี้อธิบายได้จากบทบาทของมะม่วงในโครงสร้างรายได้ของครัวเรือนมากกว่าจากระดับความมั่งคั่ง กล่าวคือ การรับรอง GAP ให้ผลตอบแทนผ่านราคาและช่องทางตลาดของผลผลิตที่ได้รับการรับรองเป็นหลัก ครัวเรือนที่มีรายได้รวมสูงในพื้นที่นี้มักมีรายได้จากแหล่งอื่นนอกเหนือจากมะม่วง สัดส่วนของรายได้ที่จะได้รับผลจากการรับรองจึงน้อยลง แรงจูงใจในการลงทุนเวลาและเอกสารเพื่อขอรับรองจึงลดลงตามไปด้วย ขณะที่ครัวเรือนที่พึ่งพารายได้จากมะม่วงเป็นหลักได้รับประโยชน์จากการรับรองเต็มเม็ดเต็มหน่วยกว่า การตีความนี้อธิบายได้ว่าเหตุใดผลจึงต่างจาก ณัฐวุฒิ จั่นทอง และคณะ (2566) ซึ่งพบความสัมพันธ์ทางบวก เพราะงานดังกล่าววัดเฉพาะรายได้จากกล้วยหอมอันเป็นพืชเป้าหมายของการรับรอง ไม่ใช่รายได้รวมของครัวเรือน ตัวแปรทั้งสองจึงวัดคนละสิ่ง และในทางกลับกัน ผลของการศึกษานี้สอดคล้องกับ วิภาดา แดงมา (2562) ที่พบว่ารายได้นอกภาคเกษตรสัมพันธ์ทางลบกับการยอมรับ

ผลที่จำนวนแหล่งข้อมูลข่าวสารสัมพันธ์ทางลบกับการเข้าสู่ระบบรับรองเป็นผลที่ขัดกับความคาดหมายทั่วไปมากที่สุด ผู้วิจัยเห็นว่าประเด็นอยู่ที่สิ่งที่ตัวแปรนี้วัด กล่าวคือ ตัวแปรนี้เป็นการนับจำนวนช่องทางที่เกษตรกรได้รับข้อมูล จึงวัดความกว้างของการรับข้อมูล มิได้วัดคุณภาพ ความถี่ หรือความสามารถของช่องทางในการพาเกษตรกรผ่านกระบวนการรับรอง เมื่อจำแนกช่องทางทั้ง 13 ช่องทางออกเป็น 3 กลุ่ม แล้ววิเคราะห์ซ้ำพบว่าความสัมพันธ์ทางลบมาจากกลุ่มช่องทางระหว่างบุคคลอย่างไม่เป็นทางการคือ ญาติพี่น้องและเพื่อนบ้าน (OR = 0.22, p = .002) เป็นสำคัญ ขณะที่กลุ่มสื่อมวลชนไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (OR = 1.22, p = .537) ผลนี้ชี้ว่าการพึ่งพาข้อมูลจากคนใกล้ตัวมีลักษณะทดแทนการติดต่อกับช่องทางเชิงสถาบันมากกว่าจะเสริมกัน ข้อมูลที่ได้จากคนใกล้ตัวเพียงพอสำหรับการปฏิบัติในแปลง แต่ไม่พาเกษตรกรไปถึงขั้นตอนการยื่นขอรับรอง การตีความนี้สอดคล้องกับ ขวัญธิดา ใจจา และคณะ (2567) ที่พบว่าเกษตรกรซึ่งได้รับการรับรองล้วนเป็นสมาชิกในเครือข่ายที่มีการสนับสนุนเชิงสถาบัน และช่วยอธิบายว่าเหตุใดผลจึงต่างจาก วิภาดา แดงมา (2562) ซึ่งวัดระดับความรู้ที่ได้รับจากแหล่งข้อมูล ไม่ใช่จำนวนแหล่ง

การเป็นเพศหญิงสัมพันธ์ทางลบกับการเข้าสู่ระบบรับรอง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเห็นว่าควรตีความผลนี้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีเพียง 40 ราย และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่า OR (0.14–0.91) ค่อนข้างกว้าง กลไกที่เป็นไปได้คือ การยื่นขอรับรองต้องอาศัยเอกสารสิทธิ์ที่ดินและการเป็นผู้ลงนามในนามแปลง ซึ่งในหลายครัวเรือนเป็นบทบาทของสมาชิกเพศชาย ความแตกต่างที่พบจึงอาจสะท้อนการเข้าถึงทรัพยากรและบทบาทในการทำธุรกรรมของครัวเรือนมากกว่าความแตกต่างด้านความรู้หรือความตั้งใจ ส่วนอายุและจำนวนปีการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลที่คาดหมายได้ในพื้นที่ที่เกษตรกรได้รับการฝึกอบรมอย่างทั่วถึง เพราะการฝึกอบรมที่ครอบคลุมย่อมลดความแตกต่างที่มาจากภูมิหลังทางการศึกษาลง ทั้งนี้ กาญจนกนก วิหาละ และคณะ (2564) พบว่าระดับการศึกษาสัมพันธ์ทางลบกับการปฏิบัติตาม GAP โดยอธิบายว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาสูงอาจมองว่าข้อกำหนดมีความซับซ้อน ขณะที่เกษตรกรที่มีประสบการณ์ยาวนานปฏิบัติได้ดีกว่า

เมื่อพิจารณาคะแนนการปฏิบัติร่วมกับผลของแบบจำลองจะเห็นภาพที่สอดคล้องกัน ผู้ยอมรับมีคะแนนการปฏิบัติสูงกว่าผู้ไม่ยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ขนาดของความแตกต่างอยู่ในระดับต่ำ (65.4 และ 60.2 จากคะแนนเต็ม 93; Cohen's d = 0.37) กล่าวคือ ผู้ไม่ยอมรับปฏิบัติตามแนวทาง GAP ได้ถึงราวสองในสามของคะแนนเต็มโดยที่ยังไม่ได้เข้าสู่ระบบรับรอง ยิ่งไปกว่านั้นคะแนนความรู้ของผู้ไม่ยอมรับยังสูงกว่าผู้ยอมรับอีกด้วย ผู้วิจัยเห็นว่าทั้งสองผลนี้ชี้ไปในทางเดียวกันว่าอุปสรรคของการเข้าสู่ระบบรับรองในพื้นที่ศึกษาไม่ได้อยู่ที่ตัวความรู้หรือความสามารถในการปฏิบัติ แต่อยู่ที่กระบวนการเชิงสถาบันและเงื่อนไขเชิงโครงสร้าง ซึ่งสนับสนุนด้วยข้อค้นพบสองประการ ประการแรก ด้านที่ได้คะแนนการปฏิบัติต่ำที่สุดคือการบันทึกข้อมูลและการตามสอบ (คะแนนรายข้อเฉลี่ย 1.69) อันเป็นด้านที่เป็นเงื่อนไขบังคับของการตรวจประเมินโดยตรง และเป็นจุดอ่อนร่วมที่พบใน โสธร เกิดแก้ว และคณะ (2558) และ กรรณรัตน์ สุเมธาวัฒนพงศ์ และคณะ (2566) เช่นเดียวกัน ประการที่สอง เกษตรกรร้อยละ 47.8 ถือครองที่ดินที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ ซึ่งเป็นข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่เกษตรกรแก้ไขด้วยตนเองไม่ได้ และสอดคล้องกับผลของแบบจำลองที่ว่าเกษตรกรรายย่อยและผู้ที่ผลิตมาไม่นานเข้าสู่ระบบรับรองได้น้อยกว่า

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการปฏิบัติ ดังนี้

1) จัดบริการสนับสนุนการขอรับรองแบบครบวงจรสำหรับเกษตรกรรายย่อย เช่น สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ร่วมกับสำนักงานเกษตรอำเภอเชียงดาว จัดเจ้าหน้าที่พี่เลี้ยงช่วยจัดเตรียมเอกสาร นัดหมายการตรวจประเมิน และติดตามผลจนสิ้นสุดกระบวนการ โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่ผลิตน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่ (6.5 ไร่) และมีประสบการณ์การผลิตน้อยกว่า 5 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผลการวิเคราะห์ชี้ว่ามีโอกาสเข้าสู่ระบบรับรองต่ำที่สุด

2) ส่งเสริมการขอรับรองแบบกลุ่ม (group certification) เพื่อเฉลี่ยต้นทุนแรกเข้าของการรับรองระหว่างสมาชิก ซึ่งจะช่วยลดข้อจำกัดที่มาจากขนาดพื้นที่การผลิตโดยตรง

3) พัฒนาระบบสนับสนุนการบันทึกข้อมูลการผลิตให้ใช้งานง่าย เช่น สมุดบันทึกสำเร็จรูปที่ออกแบบตามข้อกำหนด มกษ. 9001-2564 หรือแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รองรับการบันทึกด้วยภาพและเสียง เนื่องจากการบันทึกข้อมูลและการตามสอบเป็นด้านที่เกษตรกรได้คะแนนต่ำที่สุด และเป็นเงื่อนไขที่ใช้ตัดสินในการตรวจประเมิน

4) สร้างเครือข่ายเกษตรกรต้นแบบที่ได้รับการรับรองแล้วให้ทำหน้าที่ถ่ายทอดประสบการณ์การขอรับรองแก่เพื่อนเกษตรกร เพื่อเปลี่ยนช่องทางระหว่างบุคคลซึ่งเป็นช่องทางที่เกษตรกรใช้อยู่แล้ว ให้กลายเป็นช่องทางที่เชื่อมต่อกับกระบวนการรับรองเชิงสถาบัน แทนที่จะเป็นช่องทางที่ทดแทนกันดังที่พบในการศึกษานี้

5) ประสานหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านที่ดินเพื่อหาแนวทางรองรับเกษตรกรที่ถือครองที่ดินโดยไม่มีเอกสารสิทธิ์ ซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 47.8 ของกลุ่มตัวอย่าง เช่น การใช้หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ที่ดินจากหน่วยงานในพื้นที่ประกอบการยื่นขอรับรอง เนื่องจากเป็นข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่การส่งเสริมด้านความรู้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขได้

ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป การศึกษานี้มีข้อจำกัด 4 ประการ ประการแรก เป็นการเก็บข้อมูลภาคตัดขวางในช่วงเวลาเดียว จึงอธิบายได้เพียงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ไม่สามารถยืนยันความเป็นเหตุเป็นผลได้ ประการที่สอง สถานะการเข้าสู่ระบบรับรองจำแนกจากการรายงานของเกษตรกร มิได้ตรวจสอบกับใบรับรองหรือทะเบียนผู้ได้รับการรับรองโดยตรง การวิจัยครั้งต่อไปควรตรวจสอบสถานะกับฐานข้อมูลของหน่วยรับรองเพื่อความแม่นยำ ประการที่สาม ตัวแปรแหล่งข้อมูลข่าวสารวัดเป็นจำนวนช่องทางที่เกษตรกรได้รับข้อมูล จึงสะท้อนความกว้างของการรับข้อมูล แต่ไม่ได้วัดความถี่ คุณภาพ หรือความเชื่อถือได้ของข้อมูล การวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนาการวัดที่จำแนกคุณลักษณะของช่องทางให้ละเอียดขึ้น และประการที่สี่ ผลการศึกษามาจากตำบลเดียวที่มีการดำเนินงานส่งเสริมอย่างเข้มข้นจากหน่วยงานเฉพาะ การนำผลไปใช้กับพื้นที่ที่มีบริบทการส่งเสริมต่างออกไปจึงควรทำด้วยความระมัดระวัง นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเชิงคุณภาพกับกลุ่มเกษตรกรที่มีความรู้และปฏิบัติได้ดีแต่ยังไม่เข้าสู่ระบบรับรอง เพื่อทำความเข้าใจอุปสรรคในกระบวนการขอรับรองที่ข้อมูลเชิงปริมาณยังเข้าไม่ถึง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่กรุณาสละเวลาเข้าร่วมกิจกรรมการวิจัยและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2566). *กรมส่งเสริมการเกษตรหนุนเกษตรกรปลูกพืชตามมาตรฐาน GAP สร้างความปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าผลผลิต*. สืบค้นจาก https://www.doae.go.th/กรมส่งเสริมการเกษตร-หน-3/

กรรณรัตน์ สุเมธาวัฒนพงศ์, นารีรัตน์ สีระสาร, และเบญจมาศ อยู่ประเสริฐ. (2566). การผลิตลิ้นจี่ตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ*, *7*(3), 72-80.

กาญจนกนก วิหาละ, พุฒิสรรค์ เครือคำ, สายสกุล ฟองมูล, และอรพินธุ์ สฤษดิ์นำ. (2564). การปฏิบัติตามระบบมาตรฐานเกษตรที่ดีและเหมาะสมของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารผลิตกรรมการเกษตร*, *3*(3), 105-116.

ขวัญธิดา ใจจา, นารีรัตน์ สีระสาร, และสินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม. (2567). การส่งเสริมการผลิตกาแฟตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในอำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก. *วารสารสุโขทัยธรรมาธิราช*, *37*(1), 44-58.

ณัฐวุฒิ จั่นทอง, อัณธิกา เสงี่ยมใจ, และพหล ศักดิ์คะทัศน์. (2566). การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตกล้วยหอมตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในเขตภาคกลางตอนบน. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, *40*(1), 150-160.

วิภาดา แดงมา. (2562). *การยอมรับการปฏิบัติตามระบบการผลิตทางการเกษตรที่ดีในการปลูกมะม่วงของเกษตรกรในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). (2568). *ข้อมูลพื้นฐานโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงลุ่มน้ำปิงตอนบน บ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่*. สืบค้นจาก https://www.hrdi.or.th/public/files/Areas-Profile/33-Areas/HuayPao.pdf

สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. (2568). *บรรยายสรุปจังหวัดเชียงใหม่ ปรับปรุง พ.ศ. 2568*. สืบค้นจาก https://www.chiangmai.go.th/managing/public/D8/8D22Oct2025143145.pdf

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2564). *มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9001-2564: การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่. (2568). *รายงานสถิติจังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2567*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สืบค้นจาก https://chiangmai.nso.go.th/images/2025/SPB2567-50-%2008-11-67_compressed.pdf

โสธร เกิดแก้ว, สุวิสา พัฒนเกียรติ, พัฒนา สุขประเสริฐ, และรุจีพัชร บุญจริง. (2558). การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน ในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี. *แก่นเกษตร*, *43*(3), 543-556.

Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, *33*(2), 255-298.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). Harper & Row.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดิน ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย

ปวีณา คำนิล[1*] จุฑาทิพย์เฉลิมผล[1] สุกิจ กันจินะ[1] และ ชูชาติ สันธทรัพย์[2]

[1] ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
*E-mail: Paweena_kum@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดินของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมให้ใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด จำนวน 240 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ใช้ต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องด้วยการทดสอบ Mann-Whitney U และ Chi-square หรือ Fisher's exact test พร้อมรายงานขนาดอิทธิพล ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรมีการใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องร้อยละ 78.8 และพบว่า ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม ความรู้ และทัศนคติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ใช้ต่อเนื่องและกลุ่มผู้ใช้ไม่ต่อเนื่อง ($p > 0.05$) ผลการศึกษาสะท้อนว่า เมื่อเกษตรกรได้รับการส่งเสริมและยอมรับปอเทืองแล้ว คุณลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม ความรู้ และทัศนคติ ไม่สามารถจำแนกผู้ที่ใช้อย่างต่อเนื่องออกจากผู้ที่ใช้ไม่ต่อเนื่องได้ ความแตกต่างที่ปรากฏอยู่ที่การปฏิบัติในแปลง โดยเฉพาะความสม่ำเสมอของการไถกลบในช่วงออกดอก ซึ่งเป็นการแสดงออกของการใช้อย่างต่อเนื่องมากกว่าจะเป็นสาเหตุ การส่งเสริมในระยะหลังการยอมรับจึงควรเน้นการสนับสนุนเงื่อนไขที่เอื้อต่อการปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ มากกว่าการสร้างความตระหนักหรือการให้ความรู้เพิ่มเติม

คำสำคัญ: ปอเทือง, ปุ๋ยพืชสด, การใช้อย่างต่อเนื่อง, การยอมรับนวัตกรรม, จังหวัดเลย

Factors Affecting Farmers' Adoption of Sunn Hemp as Green Manure for Soil Improvement in Mueang Loei District, Loei Province

Paweena Kumnin [1*] Juthathip Chalermphol[1] Sukit Kanjina[1] and Choochad Santasup[2]

[1] Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200, Thailand

*E-mail: aweena_kum@cmu.ac.th

Abstract

This study aimed to analyze the factors affecting farmers' adoption of sunn hemp as green manure for soil improvement in Mueang Loei District, Loei Province. The sample comprised 240 farmers who had been encouraged to use sunn hemp as green manure. Data were collected using a structured interview schedule and analyzed with descriptive statistics, and the continued-use and discontinued-use groups were compared using the Mann-Whitney U test and the chi-square or Fisher's exact test, together with effect size measures. The results showed that 78.8% of the farmers used sunn hemp continuously, and that personal, economic, and social factors, as well as knowledge and attitude, did not differ significantly between the continued-use and discontinued-use groups ($p > 0.05$). These findings indicate that once farmers have been promoted and have adopted sunn hemp, personal, economic, social, knowledge and attitude characteristics do not distinguish continued from discontinued users. The observable difference lies in field practice, particularly the regularity of incorporation at flowering, which is an expression of continued use rather than its cause. Post-adoption extension should therefore support the conditions that enable consistent practice rather than raising awareness or providing further knowledge.

Keywords: Sunn hemp, green manure, continued use, innovation adoption, Loei Province

1. บทนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการผลิตทางการเกษตรและการดำรงชีพ ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรอย่างเข้มข้น ในบางพื้นที่ใช้ไม่สอดคล้องกับศักยภาพของดิน ก่อให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรมและความอุดมสมบูรณ์ลดลง โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งดินส่วนใหญ่เกิดจากหินทราย เนื้อหยาบ อุ้มน้ำต่ำ และมีอินทรียวัตถุน้อย เมื่อเพาะปลูกต่อเนื่องโดยขาดการปรับปรุงดิน เกษตรกรจึงต้องพึ่งพาปุ๋ยเคมีในปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นขณะที่ผลผลิตทรงตัว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2568; 2569)

กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมการปรับปรุงบำรุงดินด้วยการเพิ่มอินทรียวัตถุผ่านปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยพืชสด โดยเฉพาะปอเทือง ซึ่งช่วยเพิ่มไนโตรเจนและอินทรียวัตถุ ปรับโครงสร้างดิน และลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมี ในพื้นที่อำเภอเมืองเลย สถานีพัฒนาที่ดินเลยได้ส่งเสริมการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดแก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 พร้อมสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรบางส่วนใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องทุกปี ขณะที่บางรายไม่ได้ใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องและยังคงใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนว่าการยอมรับในระยะเริ่มต้นมิได้นำไปสู่การใช้อย่างต่อเนื่องเสมอไป และชี้ว่ายังมีในการปฏิบัติของเกษตรกรที่ผ่านการส่งเสริมมาแล้วในพื้นที่เดียวกัน (สถานีพัฒนาที่ดินเลย, 2569)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับการยอมรับปอเทืองและปุ๋ยพืชสดในประเทศไทยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ศึกษาการยอมรับในลักษณะของการตัดสินใจครั้งแรก โดยเปรียบเทียบระหว่างเกษตรกรที่ยอมรับกับเกษตรกรที่ไม่ยอมรับในประชากรทั่วไป และมักสรุปว่าความรู้และทัศนคติเป็นปัจจัยสำคัญ (เอกภพ กันทับ, 2561) แต่ยังมีการศึกษาไม่มากนักที่ติดตามต่อไปว่า เกษตรกรซึ่งเคยยอมรับและได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐแล้ว จะใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องหรือไม่ และปัจจัยใดที่จำแนกผู้ที่ใช้อย่างต่อเนื่องออกจากผู้ที่หยุดใช้ ทั้งที่ขั้นยืนยันเป็นขั้นที่ชี้ขาดว่าการส่งเสริมจะเกิดผลในระยะยาวหรือไม่ (Rogers, 2003) การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยศึกษาเฉพาะกลุ่มเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมแล้วทั้งหมด และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ใช้อย่างต่อเนื่องกับกลุ่มผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการมองการยอมรับในฐานะกระบวนการที่ต้องรักษาไว้ มิใช่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดินของเกษตรกรในอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้วางแผนส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาแนวทางสนับสนุนที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมบางประการของเกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด และ (2) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดอย่างต่อเนื่องในการปรับปรุงดินของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การยอมรับ (adoption) หมายถึงการตัดสินใจนำนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีไปใช้ Rogers (2003) อธิบายกระบวนการตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมออกเป็น 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นรับรู้ ขั้นชักจูงใจ ขั้นตัดสินใจ ขั้นนำไปปฏิบัติ และขั้นยืนยัน โดยขั้นยืนยันเป็นช่วงที่ผู้ยอมรับประเมินผลของการใช้และตัดสินใจว่าจะใช้ต่อเนื่องหรือเลิกใช้ การใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องของเกษตรกรในการศึกษานี้จึงตรงกับขั้นยืนยัน ซึ่งเป็นการยอมรับที่ยั่งยืนมิใช่เพียงการทดลองใช้ครั้งแรก Rogers (2003) ยังระบุคุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีผลต่อการยอมรับ ได้แก่ ประโยชน์เชิงเปรียบเทียบ ความเข้ากันได้กับวิถีปฏิบัติเดิม ความซับซ้อน ความสามารถในการทดลองใช้ และการสังเกตเห็นผลได้

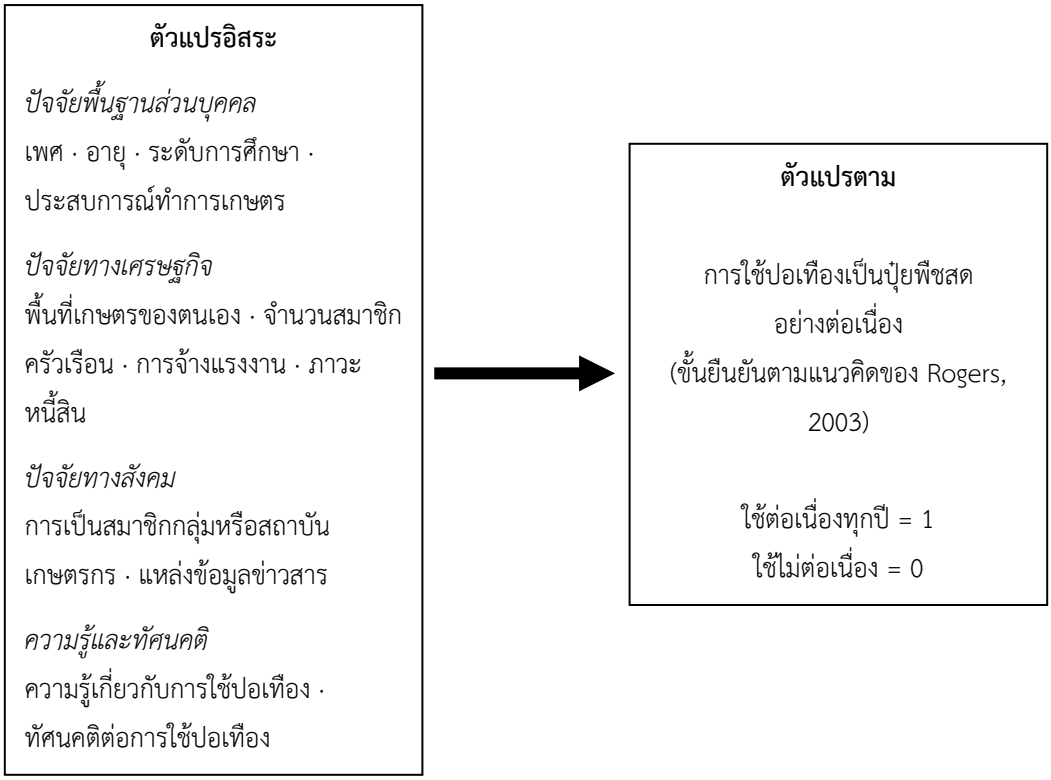
งานวิจัยในปัจจุบันมองการยอมรับว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สม่ำเสมอมากกว่าการตัดสินใจครั้งเดียว และเกษตรกรแต่ละรายมีเส้นทางการยอมรับที่แตกต่างกัน (Nettle et al., 2024) ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับครอบคลุมทั้งปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อายุ การศึกษา ประสบการณ์ ความรู้ทัศนคติ) ปัจจัยทางเศรษฐกิจ (พื้นที่เกษตร ขนาดครัวเรือน ภาวะหนี้สิน) และปัจจัยทางสังคม (การเป็นสมาชิกกลุ่ม การเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร) ในบริบทของไทย Sereenonchai and Arunrat (2023) ศึกษาการทำเกษตรในเมืองและพบว่า ความเชื่อว่าตนสามารถทำพฤติกรรมนั้น ๆ ได้จริง และบรรทัดฐานทางสังคมเป็นปัจจัยที่ช่วยรักษาระดับการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องของผู้ที่เริ่มปฏิบัติแล้ว มากกว่าความรู้หรือทัศนคติเพียงอย่างเดียว

ปอเทือง (*Crotalaria juncea* L.) เป็นพืชตระกูลถั่วที่เจริญเติบโตเร็วและตรึงไนโตรเจนจากอากาศผ่านปมรากร่วมกับแบคทีเรีย เมื่อไถกลบลงดินจะเพิ่มอินทรียวัตถุ ปรับปรุงโครงสร้างดิน และลดความจำเป็นในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเคมี Hariniharishma et al. (2025) รายงานว่าการไถกลบปอเทืองที่อายุ 50–60 วัน ให้มวลพืชสดประมาณ 15 ตันต่อเฮกตาร์ (2.4 ตัน/ไร่) ให้ไนโตรเจน 50–75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (8–12 กก./ไร่) และจากปมรากอีก 50–60 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (8–9.6 กก./ไร่) โดยปลดปล่อยไนโตรเจนร้อยละ 65–75 ภายในสัปดาห์แรกหลังไถกลบ Sooksawat et al. (2024) ทดลองในดินร่วนปนทรายของไทยพบว่า แปลงที่ไถกลบปอเทืองมีอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุด (ร้อยละ 1.39) เทียบกับแปลงที่ไม่ใช้ปอเทือง (ร้อยละ 0.63) และมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมสูงที่สุด สอดคล้องกับ Arunrat et al. (2020) ที่ทบทวนงานวิจัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพบว่าการเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในดิน 1 กรัมต่อกิโลกรัม สัมพันธ์กับผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นประมาณ 302 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (48 กก./ไร่)

สำหรับการศึกษาการยอมรับปอเทืองในบริบทไทย เอกภพ กันทับ (2561) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการปรับปรุงดินโดยใช้ปอเทืองในนาข้าวของเกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีบริบทใกล้เคียงกับการศึกษานี้ และผู้วิจัยใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดกรอบตัวแปรของการศึกษาปัจจัยการยอมรับปอเทืองในพื้นที่อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย ในครั้งนี้

ตามกระบวนการตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมทั้ง 5 ขั้นของ Rogers (2003) ที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษานี้จำแนกแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับออกเป็นสามส่วนเพื่อความชัดเจน ได้แก่ (1) การยอมรับครั้งแรก ซึ่งตรงกับขั้นตัดสินใจ (decision) คือการที่เกษตรกรตัดสินใจนำปอเทืองไปใช้ภายหลังได้รับการส่งเสริม (2) การนำไปปฏิบัติ ซึ่งตรงกับขั้นนำไปปฏิบัติ (implementation) คือการดำเนินการเพาะปลูกและไถกลบจริงในแปลงของตน และ (3) การใช้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งตรงกับขั้นยืนยัน (confirmation) คือการที่เกษตรกรประเมินผลที่ได้รับแล้วตัดสินใจใช้ปอเทืองซ้ำในฤดูกาลผลิตถัดไป หรือเลิกใช้ (discontinuance) กลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้ผ่านขั้นตัดสินใจและขั้นนำไปปฏิบัติมาแล้วทุกราย ความแปรปรวนที่เหลือจึงอยู่ที่ขั้นยืนยัน ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรตามของการศึกษา

สำหรับเหตุผลเชิงทฤษฎีในการกำหนดตัวแปรอิสระ การศึกษานี้จำแนกปัจจัยออกเป็นสามกลุ่ม กลุ่มแรกคือปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ทำการเกษตร ซึ่งตามแนวคิดของ Rogers (2003) สัมพันธ์กับความสามารถในการรับรู้ ประเมิน และเรียนรู้นวัตกรรม กลุ่มที่สองคือปัจจัยทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ขนาดพื้นที่เกษตรของตนเอง จำนวนสมาชิกครัวเรือน การจ้างแรงงาน และภาวะหนี้สิน ซึ่งกำหนดขีดความสามารถในการรับความเสี่ยงและการลงทุนในการปรับปรุงดินที่ให้ผลตอบแทนในระยะยาว และกลุ่มที่สามคือปัจจัยทางสังคม ได้แก่ การเป็นสมาชิกกลุ่มหรือสถาบันเกษตรกร และการเข้าถึงแหล่งข้อมูลข่าวสาร ซึ่งเป็นช่องทางการสื่อสารและการเรียนรู้ทางสังคมที่ช่วยรักษาการปฏิบัติให้คงอยู่ ร่วมกับความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับการใช้ปอเทือง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากขั้นรับรู้และขั้นชักจูงใจ กรอบตัวแปรดังกล่าวพัฒนาจากการศึกษาของเอกภพ กันทับ (2561) ที่ศึกษาการยอมรับปอเทืองในบริบทที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรในอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย ที่ได้รับการส่งเสริมให้ใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดิน ตามบัญชีรายชื่อของสถานีพัฒนาที่ดินเลย ระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 ครอบคลุม 6 ตำบล ได้แก่ ตำบลกกดู่ ตำบลนาดินดำ ตำบลนาอ้อ ตำบลน้ำสวย ตำบลเมือง และตำบลศรีสองรัก รวมทั้งสิ้น 594 ราย ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของ Yamane (1967) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 240 ราย และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) โดยการจับฉลากแบบไม่ใส่กลับคืน เพื่อเลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับการสัมภาษณ์ และได้ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568

เครื่องมือที่ใช้การเก็บข้อมูลเป็นแบบสัมภาษณ์ แบ่งเป็น 6 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านการผลิต ตอนที่ 3 ความรู้เกี่ยวกับการใช้ปอเทือง ตอนที่

4 ทัศนคติเกี่ยวกับการใช้ปอเทือง ตอนที่ 5 การใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด และตอนที่ 6 ปัญหาและข้อเสนอแนะ การศึกษานี้วิเคราะห์ข้อมูลจากตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 5 ทั้งนี้ตอนที่ 3 ที่วัดความรู้เกี่ยวกับการใช้ปอเทืองมีข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ แบบถูก–ผิด (ตอบถูก = 1 ผิด = 0) และการวัดทัศนคติในตอนที่ 4 มีข้อคำถาม 15 ข้อ เป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ

ผู้วิจัยได้ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับเกษตรกร จำนวน 30 ราย แล้วหาค่าความเชื่อมั่น โดยข้อคำถามที่วัดความรู้ใช้วิธี KR-20 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.63 และข้อคำถามที่ใช้วัดทัศนคติใช้ Cronbach's alpha ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.95 ทั้งนี้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความรู้ที่ระดับ 0.63 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดย Hair et al. (2019) ระบุว่าค่าความเชื่อมั่นในช่วง 0.60–0.70 ถือเป็นค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ ประกอบกับค่า KR-20 ที่ประมาณจากข้อคำถามแบบถูก–ผิด จำนวน 20 ข้อ กับกลุ่มทดลองใช้ขนาดเล็ก (30 ราย) มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าค่อนข้างสูงและมีแนวโน้มให้ค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้การศึกษานี้ใช้คะแนนความรู้เพื่อบรรยายระดับความรู้ของเกษตรกรและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในภาพรวม มิได้ใช้เพื่อจำแนกหรือตัดสินเกษตรกรเป็นรายบุคคล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวแปรตามคือการใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้การใช้ต่อเนื่องทุกปี = 1 (189 ราย) และการใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง = 0 (51 ราย) ทั้งนี้ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดคัดเลือกจากบัญชีรายชื่อผู้ได้รับการส่งเสริมของสถานีพัฒนาที่ดินเลย ซึ่งทุกรายเคยใช้ปอเทืองมาแล้ว การศึกษานี้จึงไม่สามารถเปรียบเทียบระหว่างผู้ยอมรับกับผู้ไม่ยอมรับได้ คำว่า การยอมรับ ในบทความนี้จึงหมายถึงการยอมรับที่ยั่งยืน (sustained adoption) ซึ่งวัดจากการใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องตามขั้นยืนยันของ Rogers (2003) ก่อนเลือกใช้สถิติในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ผู้วิจัยตรวจสอบการแจกแจงของตัวแปรเชิงปริมาณด้วยการทดสอบ Shapiro–Wilk พบว่าตัวแปรทุกตัวมีการแจกแจงแตกต่างจากการแจกแจงปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ประกอบกับขนาดของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันมาก (189 ราย และ 51 ราย) และข้อมูลทัศนคติได้จากมาตรประมาณค่าซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลระดับเรียงอันดับ การศึกษานี้จึงเลือกใช้สถิติแบบไม่อาศัยพารามิเตอร์ (non-parametric statistics) ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม วิเคราะห์วัตถุประสงค์ข้อ 1 ด้วยสถิติพรรณนา (ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และวัตถุประสงค์ข้อ 2 ด้วยการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปรเชิงปริมาณใช้ Mann-Whitney U test พร้อมขนาดอิทธิพล rank-biserial (r) ตัวแปรเชิงกลุ่มใช้ Chi-square หรือ Fisher’s exact test พร้อม Cramér’s V โดยใช้ Fisher's exact test เมื่อมีเซลล์ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 และวิเคราะห์รายข้อสำหรับความรู้และทัศนคติ ตัวแปรพฤติกรรมการไถกลบและการใช้ปุ๋ยเคมีนำเสนอเชิงพรรณนาในฐานะตัวบ่งชี้ที่สอดคล้องกับการยอมรับ ทั้งนี้การวิเคราะห์กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และรายงานขนาดอิทธิพลควบคู่กับค่า p ทุกครั้ง เนื่องจากค่า p เพียงอย่างเดียวไม่สะท้อนขนาดของความแตกต่างในเชิงปฏิบัติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม เกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 240 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 52.9 อายุเฉลี่ย 51.9 ปี มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมากที่สุด (ร้อยละ 59.6) ประสบการณ์ทำการเกษตรเฉลี่ย 26.1 ปี ส่วนใหญ่ปลูกข้าวเป็นพืชหลัก (ร้อยละ 92.5) มีพื้นที่เกษตรของตนเองเฉลี่ย 13.15 ไร่ มีภาวะหนี้สิน ร้อยละ 72.9 เป็นสมาชิกกลุ่มหรือสถาบันเกษตร ร้อยละ 52.1 และได้รับข้อมูลข่าวสารจากเจ้าหน้าที่รัฐมากที่สุด (ร้อยละ 89.2) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร (n = 240)

รายการ	จำนวน (ร้อยละ) หรือค่าเฉลี่ย
เพศ: ชาย / หญิง	127 (52.9) / 113 (47.1)
อายุเฉลี่ย (ปี)	51.9 (SD 9.0)
การศึกษา: มัธยมปลาย (สูงสุด)	143 (59.6)
ประสบการณ์ทำเกษตรเฉลี่ย (ปี)	26.1
พื้นที่เกษตรของตนเองเฉลี่ย (ไร่)	13.15
จำนวนสมาชิกครัวเรือนเฉลี่ย (คน)	3.76
การจ้างแรงงาน: จ้าง	42 (17.5)
ภาวะหนี้สิน: มีหนี้สิน	175 (72.9)
พืชหลัก: ข้าว	222 (92.5)
การเป็นสมาชิกกลุ่ม: เป็นสมาชิก	125 (52.1)
แหล่งข่าวสาร: เจ้าหน้าที่รัฐ / หมอดินอาสา	214 (89.2) / 191 (79.6)

ด้านความรู้และทัศนคติ เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการใช้ปอเทืองอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 12.89 จาก 20 คะแนน) และมีทัศนคติเชิงบวกในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.29 จาก 5 คะแนน) ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้มีการใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องทุกปี ร้อยละ 78.8 และส่วนใหญ่ไถกลบปอเทืองในช่วงออกดอกเป็นประจำทุกปี (210 จาก 240 ราย) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ

ตารางที่ 2 ระดับความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด (n = 240)

ด้าน	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
ความรู้ (0–20 คะแนน)	12.89	ปานกลาง
ระดับสูง / ปานกลาง / ต่ำ	33 / 139 / 68	(13.8 / 57.9 / 28.3%)
ทัศนคติ (1–5 คะแนน)	4.29	มากที่สุด

4.2 การเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างกลุ่มผู้ใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องและกลุ่มผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ใช้อย่างต่อเนื่อง (189 ราย) และกลุ่มผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง (51 ราย) พบว่า ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม ความรู้ และทัศนคติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อายุ ($p = 0.086$) และขนาดพื้นที่เกษตรของตนเอง ($p = 0.095$) เป็นปัจจัยที่มีค่า p ต่ำที่สุด แต่ยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ที่ 0.05 และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับเล็ก ($r = -0.16$ และ -0.15 ตามลำดับ) จึงสรุปได้ว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้เชิงพฤติกรรม พบว่าความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างสองกลุ่มอยู่ที่ความสม่ำเสมอของการไถกลบปอเทือง โดยเฉพาะการไถกลบในช่วงออกดอก ซึ่งกลุ่มผู้ใช้อย่างต่อเนื่องปฏิบัติสม่ำเสมอกว่าอย่างชัดเจน ($p < 0.001$) ดังตารางที่ 4 ทั้งนี้ตัวแปรพฤติกรรมดังกล่าวเป็นการแสดงออกของการยอมรับจึงนำเสนอเชิงพรรณนา มิใช่ปัจจัยเชิงสาเหตุ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างกลุ่มผู้ใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง (n = 240)

ปัจจัย	ผู้ใช้ต่อเนื่อง (n = 189)	ผู้ใช้ไม่ต่อเนื่อง (n = 51)	p	ขนาดอิทธิพล	ระดับ
ตัวแปรเชิงปริมาณ (ค่าเฉลี่ย) ทดสอบด้วย Mann–Whitney U · ขนาดอิทธิพลคือ r					
อายุ (ปี)	51.31	54.06	0.086	−0.16	เล็ก
พื้นที่เกษตรของตนเอง (ไร่)	12.85	14.27	0.095	−0.15	เล็ก
ระดับการศึกษา (ปี)	11.60	11.22	0.186	−0.10	เล็ก
ประสบการณ์ทำการเกษตร (ปี)	25.89	27.06	0.507	−0.06	น้อยมาก
คะแนนความรู้ (0–20)	12.82	13.16	0.595	+0.05	น้อยมาก
คะแนนทัศนคติ (1–5)	4.29	4.28	0.972	0.00	น้อยมาก
ตัวแปรเชิงกลุ่ม (ร้อยละ) ทดสอบด้วย Chi-square หรือ Fisher's exact test · ขนาดอิทธิพลคือ V					
เพศชาย	51.9	56.9	0.633	0.03	น้อยมาก
มีภาวะหนี้สิน	71.4	78.4	0.412	0.05	น้อยมาก
เป็นสมาชิกกลุ่มหรือสถาบันเกษตรกร	51.9	52.9	1.000	0.00	น้อยมาก

หมายเหตุ r = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ rank-biserial จากการทดสอบ Mann–Whitney U; V = Cramér's V จากการทดสอบ Chi-square หรือ Fisher's exact test; เกณฑ์การแปลผลขนาดอิทธิพล ได้แก่ น้อยกว่า 0.10 = น้อยมาก, 0.10–0.29 = เล็ก, 0.30–0.49 = ปานกลาง และตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป = มาก (Cohen, 1988); ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกปัจจัย

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้และการไถกลบปอเทืองระหว่างสองกลุ่ม (n = 240)

ตัวแปรพฤติกรรม	ผู้ใช้ต่อเนื่อง (n = 189)	ผู้ใช้ไม่ต่อเนื่อง (n = 51)	p	ขนาดอิทธิพล	ระดับ
การไถกลบ ทดสอบด้วย Chi-square · ขนาดอิทธิพลคือ V					
ไถกลบในช่วงออกดอกเป็นประจำทุกปี (ร้อยละ)	92.1	70.6	< 0.001	0.25	เล็ก
ไถกลบก่อนออกดอก เฉพาะบางปี (ร้อยละ)	7.9	21.6	0.012	0.16	เล็ก
ไถกลบหลังเก็บเมล็ดพันธุ์	-	-	0.039	0.16	เล็ก
ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต (ค่าเฉลี่ย) ทดสอบด้วย Mann–Whitney U · ขนาดอิทธิพลคือ r					
ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี (กก./ปี)	420.2	491.2	0.179	−0.12	เล็ก

หมายเหตุ: ตัวแปรในตารางนี้เป็นการแสดงออกของการใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่อง จึงนำเสนอในฐานะตัวบ่งชี้เชิงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับการยอมรับ มิใช่ปัจจัยเชิงสาเหตุ สำหรับการไถกลบหลังเก็บเมล็ดพันธุ์ ทดสอบจากการแจกแจงของทั้งสามระดับการปฏิบัติ (ทุกปี บางปี และไม่ปฏิบัติ) จึงไม่รายงานค่าร้อยละของกลุ่มไว้ในตาราง เกณฑ์การแปลผลขนาดอิทธิพลเป็นไปตามหมายเหตุของตารางที่ 3

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

เกษตรกรที่ได้รับการส่งเสริมการใช้ปอเทืองในอำเภอเมืองเลยส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 51.9 ปี มีความรู้ระดับปานกลางและทัศนคติเชิงบวกในระดับมากที่สุด และใช้ปอเทืองอย่างต่อเนื่องร้อยละ 78.8 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม ความรู้ และทัศนคติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มผู้ใช้ที่ต่อเนื่องและที่ไม่ต่อเนื่อง แม้อายุและขนาดพื้นที่เกษตรของตนเองจะมีขนาดอิทธิพลในระดับเล็ก แต่ก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ขณะที่ความแตกต่างที่ปรากฏชัดเจนอยู่ที่ความสม่ำเสมอของการไถกลบปอเทืองในช่วงออกดอก ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่สอดคล้องกับการใช้อย่างต่อเนื่อง มิใช่ปัจจัยเชิงสาเหตุ

อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มผู้ใช้อย่างต่อเนื่องและกลุ่มผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง อธิบายได้จากลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกจากบัญชีผู้ได้รับการส่งเสริมทั้งหมด ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีลักษณะพื้นฐานที่ใกล้เคียงกัน ทุกรายผ่านการอบรมและได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ และมีคะแนนทัศนคติสูงใกล้เคียงกัน (เฉลี่ย 4.29 จาก 5) การกระจายของตัวแปรจึงมีไม่มากนัก ทำให้ตรวจพบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ยากขึ้น Otieno et al. (2021) พบว่าตัวแปรทางเศรษฐกิจสังคมตัวเดียวกัน เช่น อายุ การศึกษา และการเป็นสมาชิกกลุ่ม อาจเป็นปัจจัยบวก ลบ หรือไม่มีนัยสำคัญ ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีและบริบท ขณะที่ Pangapanga-Phiri et al. (2024) ศึกษาการยอมรับการเกษตรเชิงอนุรักษ์ในมาลาวีที่มีการส่งเสริมมานานกว่า 15 ปี พบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับคือการเข้าถึงการสนับสนุนจากเกษตรกรต้นแบบ ไม่ใช่อายุ การศึกษา หรือฐานะทางเศรษฐกิจ และพบว่าแม้ในพื้นที่ที่มีการส่งเสริมต่อเนื่อง เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้รักษาระดับการปฏิบัติไว้ในระยะยาว สอดคล้องกับข้อยืนยันของ Rogers (2003) ที่ว่าระบุว่า การยอมรับในระยะเริ่มแรกไม่ได้เป็นหลักประกันการใช้อย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ ความรู้และทัศนคติก็ไม่สามารถแยกผู้ใช้อย่างต่อเนื่องออกจากผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่องได้ แม้ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ระดับปานกลาง (เฉลี่ย 12.89 จาก 20) และทัศนคติเชิงบวกระดับมากที่สุด (เฉลี่ย 4.29) แต่คะแนนความรู้ของทั้งสองกลุ่มก็ใกล้เคียงกัน (12.82 และ 13.16, $p = 0.595$) Nettle et al. (2024) ทบทวนวิธีส่งเสริมการเกษตร 9 ประเภทและสรุปว่าการให้ข้อมูลความรู้เพียงอย่างเดียวเป็นแนวทางที่ได้ผลน้อยที่สุด เนื่องจากความรู้และทัศนคติที่ดีไม่ได้แปลงเป็นการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ หากขาดการสนับสนุนเชิงปฏิบัติ

ผลที่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวอธิบายได้ด้วยข้อจำกัดเชิงโครงสร้างของกลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ เมื่อกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดคัดเลือกจากบัญชีผู้ได้รับการส่งเสริม ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระย่อมถูกจำกัด

(range restriction) เกษตรกรทุกรายผ่านการอบรมชุดเดียวกัน ได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์จากแหล่งเดียวกัน และมีคะแนนทัศนคติกระจุกตัวอยู่ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 4.29 จาก 5 คะแนน) เมื่อความแปรปรวนของตัวแปรอิสระลดลง ความสามารถทางสถิติในการตรวจพบความสัมพันธ์ย่อมลดลงตามไปด้วย แม้ความสัมพันธ์นั้นจะปรากฏอยู่จริงในประชากรทั่วไปก็ตาม ข้อสังเกตนี้สอดคล้องกับการเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาประชากรทั่วไปซึ่งยังไม่ผ่านการคัดกรองด้วยการส่งเสริม และมักพบว่าความรู้และทัศนคติเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญ (เอกภพ กันทับ, 2561) ความแตกต่างของผลจึงมิได้หมายความว่าความรู้และทัศนคติไม่มีความสำคัญ แต่สะท้อนว่าปัจจัยเหล่านี้ได้ทำหน้าที่คัดกรองไปแล้วในขั้นการยอมรับครั้งแรก และไม่เพียงพอที่จะอธิบายความต่อเนื่องในขั้นยืนยัน ดังที่ Pangapanga-Phiri et al. (2024) แสดงให้เห็นเชิงประจักษ์ว่าในพื้นที่ที่มีการส่งเสริมการเกษตรเชิงอนุรักษ์อย่างเข้มข้นมากว่า 15 ปี สัดส่วนเกษตรกรที่ปฏิบัติอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ปี อยู่ที่ร้อยละ 57 แต่ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 12 เมื่อพิจารณาการปฏิบัติต่อเนื่องอย่างน้อย 7 ปี ซึ่งชี้ว่าการยอมรับในระยะเริ่มต้นมิได้เป็นหลักประกันของการปฏิบัติในระยะยาว

ในเชิงกระบวนการส่งเสริมการเกษตร ผลการศึกษาชี้ว่าการส่งเสริมการใช้ปอเทืองในพื้นที่อำเภอเมืองเลยประสบความสำเร็จในการสร้างการยอมรับเบื้องต้นได้อย่างทั่วถึง สะท้อนจากสัดส่วนผู้ใช้อย่างต่อเนื่องที่สูงถึงร้อยละ 78.8 และทัศนคติเชิงบวกในระดับมากที่สุดของทั้งสองกลุ่ม แต่เมื่อความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มมิได้อยู่ที่คุณลักษณะของเกษตรกร ย่อมมีความเป็นไปได้ว่าเงื่อนไขการปฏิบัติในแต่ละฤดูกาลเป็นสิ่งที่กำหนดความต่อเนื่องมากกว่า เช่น ความพร้อมและความสม่ำเสมอของการได้รับเมล็ดพันธุ์ ช่วงเวลาที่ว่างจากการเพาะปลูกพืชหลัก และการเข้าถึงเครื่องจักรสำหรับไถกลบ ทั้งนี้การศึกษานี้มิได้เก็บข้อมูลในประเด็นดังกล่าวโดยตรง ข้อสังเกตนี้จึงเป็นสมมติฐานที่ควรตรวจสอบในการวิจัยครั้งต่อไป อย่างไรก็ตาม ทิศทางดังกล่าวสอดคล้องกับ Pangapanga-Phiri et al. (2024) ที่พบว่าการเข้าถึงการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องมีความสำคัญมากกว่าคุณลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกร และสอดคล้องกับ Sereenonchai and Arunrat (2023) ที่ชี้ว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองและบรรทัดฐานทางสังคมเป็นสิ่งที่ช่วยรักษาระดับการปฏิบัติของผู้ที่เริ่มปฏิบัติแล้ว มากกว่าความรู้หรือทัศนคติเพียงอย่างเดียว

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีค่า p ต่ำที่สุด ได้แก่ อายุ (51.31 ปี ในกลุ่มผู้ใช้ต่อเนื่อง เทียบกับ 54.06 ปี ในกลุ่มผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง, $p = 0.086$, $r = -0.16$) และขนาดพื้นที่เกษตรของตนเอง (12.85 ไร่ เทียบกับ 14.27 ไร่, $p = 0.095$, $r = -0.15$) พบว่าทั้งสองปัจจัยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีขนาดอิทธิพลเพียงระดับเล็ก เนื่องจากการศึกษานี้มิได้กำหนดเกณฑ์นัยสำคัญที่ระดับอื่นไว้ล่วงหน้า จึงไม่ตีความทิศทางของความแตกต่างดังกล่าวเป็นข้อค้นพบของการศึกษา แต่บันทึกไว้เป็นประเด็นที่ควรตรวจสอบซ้ำในกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายมากกว่านี้

ความแตกต่างที่ชัดเจนที่สุดระหว่างสองกลุ่มอยู่ที่พฤติกรรมการไถกลบปอเทือง โดยเฉพาะการไถกลบในช่วงออกดอกซึ่งกลุ่มผู้ที่ใช้ต่อเนื่องมีการปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอกว่าอย่างชัดเจน ($p < 0.001$) การไถกลบในช่วงออกดอกเป็นช่วงที่ปอเทืองให้ไนโตรเจนและอินทรียวัตถุสูงสุด ซึ่ง Sooksawat et al. (2024) รายงาน

ว่าการไถกลบปอเทืองให้อินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการไม่ไถกลบอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการไถกลบเป็นส่วนหนึ่งของการยอมรับ ไม่ใช่ปัจจัยเชิงสาเหตุที่นำมาสู่การยอมรับ เนื่องจากผู้ที่ไถกลบปอเทืองสม่ำเสมอทุกปีคือผู้ใช้อย่างต่อเนื่องโดยนิยาม การศึกษานี้จึงนำเสนอตัวแปรนี้ในฐานะตัวบ่งชี้ที่สอดคล้องกับการยอมรับ

ข้อค้นพบเชิงนโยบายจากการศึกษานี้คือ เมื่อเกษตรกรได้รับการส่งเสริมและยอมรับปอเทืองในเบื้องต้นแล้ว การเพิ่มความรู้หรือการสร้างทัศนคติเชิงบวกเพิ่มเติมไม่น่าจะเป็นแนวทางที่ให้ผลมากนัก เนื่องจากทั้งสองปัจจัยอยู่ในระดับสูงและใกล้เคียงกันในทั้งสองกลุ่มอยู่แล้ว การส่งเสริมในระยะหลังการยอมรับจึงควรเปลี่ยนน้ำหนักไปสู่การสนับสนุนเงื่อนไขที่ทำให้เกษตรกรปฏิบัติได้อย่างสม่ำเสมอ โดยมีแนวทางที่เป็นรูปธรรมดังนี้ (1) จัดระบบติดตามผลหลังการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้หมอดินอาสาประจำตำบลติดตามการปลูกและการไถกลบของเกษตรกรที่ได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง และบันทึกผลไว้ในฐานข้อมูลของสถานีพัฒนาที่ดิน เพื่อให้ทราบสถานะการใช้จริงมิใช่เพียงจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ (2) สนับสนุนเมล็ดพันธุ์อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอในช่วงเวลาที่สอดคล้องกับปฏิทินการเพาะปลูกของพื้นที่ พร้อมทั้งส่งเสริมการผลิตและเก็บเมล็ดพันธุ์ใช้เองในระดับกลุ่ม เพื่อลดการพึ่งพาการแจกจ่ายจากภาครัฐเพียงทางเดียว (3) สร้างเครือข่ายเกษตรกรต้นแบบในระดับตำบล เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากผู้ปฏิบัติจริงและเสริมบรรทัดฐานทางสังคมที่สนับสนุนการใช้ปอเทือง และ (4) ให้คำแนะนำเชิงเทคนิคที่เจาะจงเรื่องช่วงเวลาการไถกลบในระยะออกดอก ซึ่งเป็นระยะที่ปอเทืองให้ไนโตรเจนและอินทรียวัตถุสูงสุด รวมทั้งสนับสนุนการเข้าถึงเครื่องจักรสำหรับไถกลบในช่วงเวลาดังกล่าว แนวทางทั้งสี่ประการนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ Nettle et al. (2024) และ Pangapanga-Phiri et al. (2024) ที่เน้นการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องโดยมีเกษตรกรเป็นศูนย์กลาง มากกว่าการให้ข้อมูลความรู้เพียงอย่างเดียว

ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษานี้มีข้อจำกัดที่ควรคำนึงถึงในการตีความผลการวิเคราะห์ ประการแรก กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกจากบัญชีรายชื่อผู้ได้รับการส่งเสริมของสถานีพัฒนาที่ดินเลยทั้งหมด ซึ่งทุกรายเคยใช้ปอเทืองมาแล้ว ผลการศึกษาจึงอธิบายได้เฉพาะความแตกต่างระหว่างผู้ใช้อย่างต่อเนื่องกับผู้ใช้ที่ไม่ต่อเนื่อง และไม่สามารถขยายไปสู่การอธิบายการตัดสินใจยอมรับปอเทืองครั้งแรกของเกษตรกรทั่วไปได้ ประการที่สอง การศึกษาดำเนินการในพื้นที่อำเภอเมืองเลยเพียงพื้นที่เดียว การนำผลไปใช้กับพื้นที่อื่นจึงต้องพิจารณาบริบทเชิงพื้นที่ประกอบ ประการที่สาม ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลภาคตัดขวาง (cross-sectional data) ซึ่งเก็บ ณ ช่วงเวลาเดียว จึงบ่งชี้ได้เพียงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มิใช่ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของการใช้ปอเทืองในแต่ละปีได้ ประการที่สี่ แบบวัดความรู้มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับปานกลาง (KR-20 = 0.63) ความคลาดเคลื่อนในการวัดอาจลดทอนความสามารถในการตรวจพบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม และประการสุดท้าย การศึกษานี้วัดเฉพาะความรู้และทัศนคติ แต่ยังไม่ครอบคลุมปัจจัยเชิงจิตวิทยาและ

แรงจูงใจอื่น ๆ เช่น การรับรู้ความสามารถของตนเอง การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม และบรรทัดฐานทางสังคม ซึ่งงานวิจัยร่วมสมัยชี้ว่ามีบทบาทสำคัญต่อการรักษาพฤติกรรมให้คงอยู่

การวิจัยในระยะต่อไปจึงควรออกแบบเป็นการศึกษาระยะยาว (longitudinal study) เพื่อติดตามการใช้ปอเทืองของเกษตรกรรายเดิมต่อเนื่องหลายฤดูกาล ควรขยายพื้นที่ศึกษาให้ครอบคลุมหลายอำเภอหรือหลายจังหวัดเพื่อเพิ่มความแปรปรวนของบริบท ควรรวมกลุ่มเกษตรกรที่ไม่เคยได้รับการส่งเสริมไว้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบเพื่อลดข้อจำกัดจากการจำกัดพิสัยของตัวแปร ควรเพิ่มการวัดปัจจัยเชิงจิตวิทยาและเงื่อนไขเชิงปฏิบัติ เช่น การเข้าถึงเมล็ดพันธุ์และเครื่องจักร และควรเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากเกษตรกรที่หยุดใช้ปอเทืองเพื่ออธิบายเหตุผลของการไม่ใช้อย่างต่อเนื่องได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรในโครงการส่งเสริมการใช้ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสด ในอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย ที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2568). *ข้อมูลสถานการณ์ทรัพยากรดินและที่ดินเพื่อประกอบการจัดทำรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2568*. กรมพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2569). *ข้อมูลการจัดการดิน*. กรมพัฒนาที่ดิน. สืบค้นจาก https://www.ldd.go.th/web_soil/Page_02.htm

สถานีพัฒนาที่ดินเลย. (2569). *ข้อมูลการส่งเสริมการใช้ปอเทืองเป็นพืชปุ๋ยสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดินจังหวัดเลย*. สถานีพัฒนาที่ดินเลย [ฐานข้อมูล].

เอกภพ กันทับ. (2561). *ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการปรับปรุงดินโดยใช้ปอเทืองในนาข้าวของเกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน* [การค้นคว้าแบบอิสระ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Arunrat, N., Kongsurakan, P., Sereenonchai, S., & Hatano, R. (2020). Soil organic carbon in sandy paddy fields of Northeast Thailand: A review. *Agronomy*, *10*(8), 1061.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Hariniharishma, V. P., Subrahmaniyan, K., Elamathi, S., Arulmozhi, R., Manikandan, K., Sivasankari Devi, T., & Abarajitha, P. (2025). Sunn hemp - An under-exploited versatile crop for soil nitrogen transformation and fibre production. *Plant Science Today*, *12*(sp3), 01–08.

Nettle, R., Major, J., Turner, L., & Harris, J. (2024). Selecting methods of agricultural extension to support diverse adoption pathways: A review and case studies. Animal Production Science, 64, AN22329.

Otieno, E. O., Kiboi, M. N., Gian, N., Muriuki, A., Musafiri, C. M., & Ngetich, F. K. (2021). Uptake of integrated soil fertility management technologies in heterogeneous smallholder farms in sub-humid tropics. *Environmental Challenges*, *5*, 100394.

Pangapanga-Phiri, I., Ngoma, H., & Thierfelder, C. (2024). Understanding sustained adoption of conservation agriculture among smallholder farmers: Insights from a sentinel site in Malawi. *Renewable Agriculture and Food Systems*, *39*, e10.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Sereenonchai, S., & Arunrat, N. (2023). Urban agriculture in Thailand: Adoption factors and communication guidelines to promote long-term practice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(1), 1.

Sooksawat, N., Chittawanij, A., Olanratmanee, P., Insoongnern, H., Wongsaeng, P., Kumproa, K., Chinaworn, S., Ruanpan, W., Ruanpan, N., Inthorn, D., & Vangnai, A. (2024). Potential use of sunn hemp as green manure and of biostimulant for enhancement of animal feed corn crop and fertilized soil properties. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 13(3), 419–428.

Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). Harper & Row.



การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างโดยใช้สื่อชีวลักษณ์

เจษฎาพร ศรีภักดี[1*] และอชิรญา โสมิยะ[2]

[1,2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา 128 ถ. ห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

* jedsadaporn@rmutl.ac.th, 0899590937

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างโดยใช้สื่อชีวลักษณ์ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อชีวลักษณ์ตามแนวคิดของ McGuigan และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อชีวลักษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมโยธา จำนวน 63 คน ซึ่งได้มาจากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) สื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งพัฒนาจากเนื้อหาวิชาการและผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อตามแนวคิดของ McGuigan ในการพัฒนาสื่อชีวลักษณ์ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ร่วมกับโปรแกรมด้านการสร้างแบบจำลอง ภาพประกอบ ภาพเคลื่อนไหว และการตัดต่อวิดีโอ โดยใช้ ChatGPT เพื่อสนับสนุนการจัดลำดับและเรียบเรียงเนื้อหา รวมถึงการสร้างคำสั่ง สำหรับการพัฒนาสื่อใช้ Gemini ในการสร้างภาพประกอบตัวละคร และใช้ Flow ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวและวิดีโอ ทั้งนี้ใช้ Blender ในการสร้างภาพประกอบและองค์ประกอบทางวิศวกรรม และใช้ CapCut ในการตัดต่อและปรับแต่งสื่อให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 3.17 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.86 คะแนน ($t = 18.50$, $p < 0.05$) 2) สื่อชีวลักษณ์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามแนวคิดของ McGuigan เท่ากับ

2.16 ซึ่งแสดงว่าสื่อมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ และ 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อชีวลักษณ์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.88, S.D. = 0.31) โดยทุกด้านของการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิจัยสรุปได้ว่า สื่อชีวลักษณ์เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยประยุกต์ใช้ AI ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลในการผลิตสื่อ มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสร้างความพึงพอใจแก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมโยธาและรายวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางวิศวกรรมที่มีความซับซ้อน

คำสำคัญ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, สื่อชีวลักษณ์, อุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง, ประสิทธิภาพของสื่อ, ความพึงพอใจ

Development of Learning Achievement in Post-Installed Anchors for Structural Applications Using Animated Learning Media

Jedsadaporn sreepakdee[1*] and achiraya somiya[2]

[1,2] Faculty of Engineering ,Rajamangala University of Technology Lanna , 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

* jedsadaporn@rmutl.ac.th, 0899590937

Abstract

This research aimed to: 1) improve students' learning achievement on post-installed anchoring systems in concrete structures through the use of animation learning media; 2) determine the effectiveness of the animation learning media based on the McGuigan concept; and 3) investigate students' satisfaction with the developed media. The sample consisted of 63 students from the Bachelor of Science in Technical Education, Civil Engineering Program. The sample size was determined using the Taro Yamane formula at a 95% confidence level, and the participants were selected through purposive sampling. The research instruments consisted of: 1) animation learning media on post-installed anchoring systems in concrete structures, developed based on academic content and validated by three experts; 2) a 20-item learning achievement test, which was subjected to content validity assessment and item quality analysis; and 3) a student satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, a paired-samples t-test, and effectiveness analysis based on the McGuigan concept. In developing the animation learning media, the researcher applied Artificial Intelligence technologies in combination with digital media production tools. ChatGPT was used to support content organization, text development, and prompt generation for media development. Gemini was used to generate 2D character illustrations, while Flow was used to create animations and video clips. Blender was used to create illustrations and engineering-related visual elements, and CapCut was used for video editing and media enhancement to ensure completeness and suitability for instructional use.

The results revealed that: 1) students' post-learning achievement was significantly higher than their pre-learning achievement at the .05 significance level, with mean scores of 3.17 and 6.86, respectively ($t = 18.50$, $p < 0.05$); 2) the developed animation learning media achieved an effectiveness value of 2.16 based on the McGuigan concept, indicating its effectiveness in promoting learning; and 3) students' overall satisfaction with the animation learning media was at the highest level ($\bar{x} = 4.88$, S.D. = 0.31), with all evaluated aspects rated at the highest level. The findings indicate that the developed animation learning media on post-installed anchoring systems in concrete structures, supported by the application of AI and digital technologies in the media development process, was effective for instructional management, enhanced students' learning achievement, and generated a high level of student satisfaction. Therefore, the media is appropriate for application in Civil Engineering education and other courses involving complex engineering processes and concepts.

Keywords: Learning achievement, Animation learning media, Post-installed anchors for structural applications, Media efficiency, Student satisfaction

1. บทนำ

อุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง เป็นระบบยึดเหนี่ยวที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง การซ่อมแซม และการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการติดตั้งและสามารถเชื่อมต่อชิ้นส่วนโครงสร้างกับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วได้ โดยที่อุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ พุกเคมี(Chemical bolt) และ พุกเหล็ก(Expansion bolt) แต่การใช้งานอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างยังคงประสบปัญหาหลายประการทั้งในด้านการเลือกใช้และการติดตั้ง โดยเฉพาะการเลือกประเภทอุปกรณ์ฝังยึดไม่เหมาะสมกับลักษณะการรับแรง สภาพคอนกรีต และสภาพแวดล้อมการใช้งาน รวมถึงการละเลยปัจจัยสำคัญ เช่น ระยะฝังยึด ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ฝังยึด ระยะขอบคอนกรีต และผลกระทบของคอนกรีตแตกร้าว ซึ่งส่งผลต่อกำลังรับแรงและพฤติกรรมการวิบัติของระบบยึดเหนี่ยว (Stehle and Sharma, 2021) นอกจากนี้ การติดตั้งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น การเจาะรูที่มีขนาดหรือความลึกไม่ถูกต้อง การทำความสะอาดรูเจาะไม่เพียงพอ การติดตั้งพุกเคมีที่ควบคุมปริมาณวัสดุและระยะเวลาการบ่มไม่เหมาะสม ตลอดจนการติดตั้งพุกเหล็กที่ใช้แรงบิดไม่เป็นไปตามที่กำหนด ล้วนส่งผลให้กำลังรับแรงของอุปกรณ์ฝังยึดลดลงและเพิ่มโอกาสการเกิดการวิบัติของอุปกรณ์ฝังยึด การหลุดดึง หรือการแตกของคอนกรีต (Zeman et al., 2021) ขณะเดียวกัน งานวิจัยล่าสุดยังพบว่าพฤติกรรมของอุปกรณ์ฝังยึดภายหลังมีความซับซ้อนและได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายด้าน เช่น การจัดกลุ่มของอุปกรณ์ฝังยึดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ฝังยึด การรับแรงแบบสถิตและพลวัต รวมถึงความล้าจากแรงกระทำซ้ำ ซึ่งหากไม่ได้รับการออกแบบและติดตั้งอย่างเหมาะสม อาจทำให้สมรรถนะของระบบยึดเหนี่ยวต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของโครงสร้าง (Foraboschi, 2023, Menghini et al., 2026) ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้และการติดตั้งอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง รวมถึงผลกระทบของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในภาคสนาม จึงเป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาแนวทางการออกแบบและการติดตั้งที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานวิศวกรรมในปัจจุบัน

จากปัญหาการเลือกใช้และการติดตั้งอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ที่พบในงานก่อสร้าง ซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากการขาดความเข้าใจในหลักการทำงาน ประเภทของอุปกรณ์ฝังยึด ข้อจำกัดในการใช้งาน และขั้นตอนการติดตั้งที่ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงานและอาจลดประสิทธิภาพของระบบยึดเหนี่ยวได้ การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่สามารถอธิบายกลไกการทำงานและขั้นตอนการติดตั้งได้อย่างชัดเจนจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ โดยเฉพาะสื่อชีวลักษณ์ (Animation) ซึ่งสามารถนำเสนอการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัต ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน และพฤติกรรมการรับแรงขององค์ประกอบที่ซับซ้อนได้ดีกว่าสื่อภาพนิ่งหรือเอกสารประกอบการสอน (Schneider et al., 2023) นอกจากนี้งานวิจัยด้านวิศวกรรมศึกษายังพบว่า การใช้สื่อชีวลักษณ์สามมิติช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาทางวิศวกรรมที่มีความซับซ้อน ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงกระบวนการ และช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rasiwan et al., 2023) ขณะเดียวกัน การพัฒนาสื่อวิดีโอและชีวลักษณ์สำหรับ

การศึกษาด้านการก่อสร้างได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ลดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน และสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนและผู้ปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรม (Barnes et al., 2023) ดังนั้น การพัฒนาสื่อชีวลักษณ์สำหรับการเรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งครอบคลุมหลักการทำงาน การเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน และขั้นตอนการติดตั้งที่ถูกต้องตามมาตรฐานวิศวกรรม จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการยกระดับองค์ความรู้ของนักศึกษาและผู้ปฏิบัติงาน ลดข้อผิดพลาดในการติดตั้ง และเพิ่มความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของงานก่อสร้างในทางปฏิบัติ

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง โดยใช้สื่อชีวลักษณ์ เพื่อส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน การเลือกใช้ และการติดตั้งอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม อันจะช่วยลดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยนำปัญญาประดิษฐ์มาสนับสนุนการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ช่วยสร้างและปรับแต่งเนื้อหา ภาพประกอบ ตัวละคร ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอให้มีความน่าสนใจและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมด้านการสร้างภาพ 3 มิติ โดยมุ่งเน้นให้เนื้อหาทางวิศวกรรมที่มีความซับซ้อนสามารถถ่ายทอดผ่านภาพและภาพเคลื่อนไหวได้อย่างชัดเจน เข้าใจง่าย และเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้ 1.เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง โดยใช้สื่อชีวลักษณ์ 2.เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด 3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

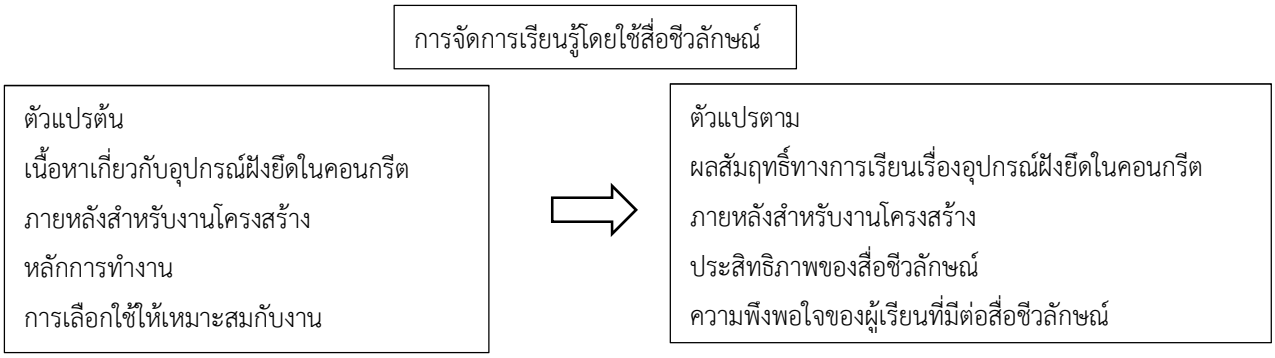
การพัฒนาสื่อชีวลักษณ์ (Animation) เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง มีพื้นฐานมาจากแนวคิดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย (Multimedia Learning) ที่อธิบายว่าผู้เรียนสามารถประมวลผลข้อมูลผ่านช่องทางการรับรู้ทั้งด้านภาพและเสียง ซึ่งการออกแบบสื่อที่ผสมผสานข้อความ ภาพเคลื่อนไหว และเสียงบรรยายอย่างเหมาะสม จะช่วยลดภาระทางปัญญาและส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการทบทวนวรรณกรรมพบว่าหลักการของการเรียนรู้ด้วยสื่อประสมยังคงได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยร่วมสมัย และการออกแบบสื่อที่คำนึงถึงการจัดลำดับเนื้อหา ความสอดคล้องของข้อมูล และการเน้นประเด็นสำคัญ สามารถช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ (Çeken and Taşkın, 2022, Noetel et al., 2022) นอกจากนี้ สื่อแอนิเมชันมีความเหมาะสมสำหรับการอธิบายกระบวนการหรือกลไกที่มีการเปลี่ยนแปลงตามลำดับเวลา โดยเฉพาะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการ

ทำงานของเครื่องมือหรือกระบวนการทางวิศวกรรม ซึ่งผู้เรียนสามารถมองเห็นการเคลื่อนที่และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้ดีกว่าการใช้ภาพนิ่ง ส่งผลให้เกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และการจดจำที่ดีขึ้น (Zhuang and Liu, 2022, Coskun and Cagiltay, 2022) ขณะเดียวกัน การจัดการเรียนรู้ด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมก่อสร้างในปัจจุบันมีแนวโน้มในการนำเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อเสมือนจริงมาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการพัฒนาทักษะเชิงพื้นที่ เนื่องจากสามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและยากต่อการสังเกตจากสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติงานจริง (Hajirasouli and Banihashemi, 2022, Ventura et al., 2022) ดังนั้น การพัฒนาสื่อชีวลักษณ์เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีทั้งหลักการทำงาน การเลือกใช้ และขั้นตอนการติดตั้งที่ซับซ้อน จึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้สมัยใหม่และมีศักยภาพในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจของผู้เรียนในสาขาวิศวกรรมโยธา McGuigan อธิบายว่า การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอนควรพิจารณาจากความสามารถของสื่อในการช่วยให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยสื่อที่ดีควรช่วยลดภาระในการทำความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อน ส่งเสริมการคิดเชิงเหตุผล และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติหรือสร้างข้อสรุปจากสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Black, Carroll, and McGuigan, 1987) แนวคิดดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการพัฒนาสื่อชีวลักษณ์ ในการจัดการเรียนรู้เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง เนื่องจากเนื้อหามีความซับซ้อน ประกอบด้วยหลักการทำงาน การเลือกใช้ และขั้นตอนการติดตั้งที่ต้องอาศัยการมองเห็นลำดับเหตุการณ์และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ การใช้สื่อชีวลักษณ์ที่นำเสนอเนื้อหาอย่างเป็นระบบและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน จึงสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการทำงาน ลดความคลาดเคลื่อนในการปฏิบัติ และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นความรู้สึกหรือทัศนคติทางบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อความต้องการหรือความคาดหวังได้รับการตอบสนอง โดย Good (1973) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่าเป็นสภาพความรู้สึกที่บุคคลได้รับความสำเร็จหรือบรรลุผลตามความต้องการ ส่งผลให้เกิดความเต็มใจและความกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม ขณะที่ Wolman (1973) อธิบายว่า ความพึงพอใจเป็นภาวะทางจิตใจที่เกิดจากการได้รับสิ่งที่ต้องการหรือการบรรลุเป้าหมายที่คาดหวังไว้ ซึ่งความรู้สึกดังกล่าวมีผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมของบุคคลในการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในบริบทของการจัดการเรียนการสอน ความพึงพอใจของผู้เรียน หมายถึง ความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน วิธีการสอน และบรรยากาศการเรียนรู้ ซึ่งหากผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง จะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ และมีแนวโน้มที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีขึ้น ทั้งนี้ งานวิจัยทางการศึกษาของไทยพบว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนมักประเมินจากองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ และด้านการนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัด

ที่สะท้อนคุณภาพของสื่อและกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม (ยุพกา ฟูกุชิม่า, 2566) สำหรับการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง โดยใช้สื่อชีวลักษณ์ ความพึงพอใจของผู้เรียนถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ประเมินคุณภาพของสื่อในด้านการตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ความน่าสนใจของการนำเสนอ ความเข้าใจในเนื้อหา และประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงประสิทธิผลของสื่อชีวลักษณ์ในการส่งเสริมการเรียนรู้และการสร้างแรงจูงใจในการเรียนได้

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง โดยใช้สื่อชีวลักษณ์ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง แนวคิดประสิทธิภาพสื่อการสอนของ McGuigan ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยสื่อประสม แนวคิดเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้เรียน เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาสื่อชีวลักษณ์ รวมทั้งประเมินคุณภาพของสื่อในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประสิทธิภาพของสื่อ และความพึงพอใจของผู้เรียน โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง โดยใช้สื่อชีวลักษณ์มีรายละเอียดตั้งแต่การจัดทำเอกสารประกอบการสอน จัดทำสื่อประกอบการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ ประสิทธิภาพสื่อ และความพึงพอใจของสื่อ

3.1 การจัดทำเอกสารประกอบการสอน

ในการจัดทำเอกสารประกอบการสอน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เนื้อหาเรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ประกอบด้วย ความหมายและประเภทของอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลัง

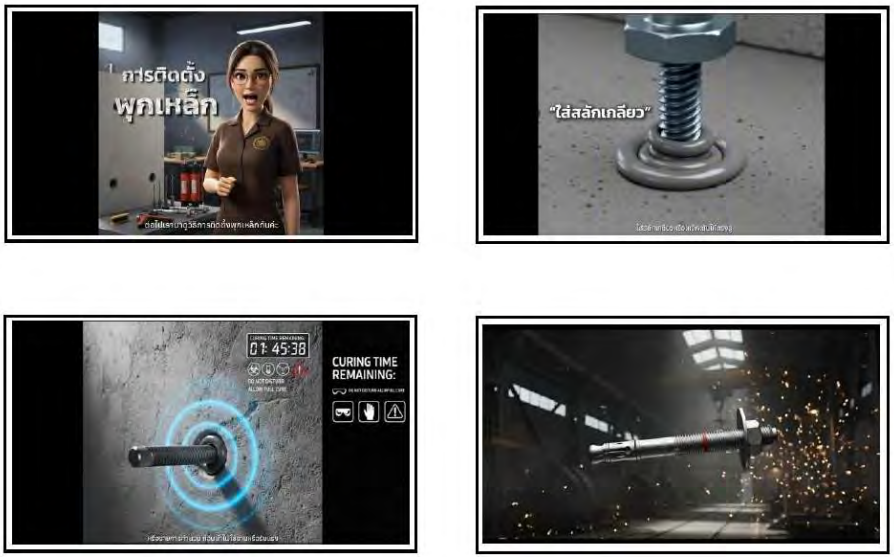
สำหรับงานโครงสร้าง หลักการทำงาน การเลือกใช้ ขั้นตอนการติดตั้ง ข้อควรระวัง และข้อผิดพลาดที่พบบ่อย โดยพิจารณาตามมาตรฐาน ACI CODE-318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (American Concrete Institute , 2014) และ วสท. 011008-21 มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ,2564) จากนั้นนำเอกสารประกอบการสอนดังกล่าว ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน โดยมีการเสนอแนะให้เพิ่มเนื้อหาและรูปภาพเพื่อให้เนื้อหามีความสมบูรณ์และครอบคลุมวัตถุประสงค์ และทำการปรับแก้เนื้อหาตามข้อเสนอแนะ ทำให้ได้เอกสารประกอบการสอนทั้งหมด 14 หน้า กำหนดเวลา สอน 60 นาที โดยสามารถดาวน์โหลดเอกสารได้ตาม QR Code ดังรูปที่ 2 หรือตามลิงค์ https://shorturl.asia/kFcDN

รูปที่ 2 QR Code สำหรับเอกสารประกอบการสอน

3.2 การจัดทำสื่อประกอบการสอน

ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาและจัดลำดับการนำเสนอให้อยู่ในรูปแบบของลำดับเหตุการณ์ (Storyboard) โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอนย่อย พร้อมกำหนดภาพประกอบ ข้อความ คำบรรยาย การเคลื่อนไหว และเสียงประกอบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ในกระบวนการพัฒนาสื่อ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เป็นเครื่องมือสนับสนุนการผลิตสื่อในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การช่วยวิเคราะห์และเรียบเรียงลำดับการนำเสนอ การสร้างคำสั่งสำหรับผลิตสื่อ การสร้างภาพกราฟิกและภาพประกอบตัวละคร การสร้างภาพเคลื่อนไหวและวิดีโอ ตลอดจนการสร้างเสียงบรรยายและเสียงประกอบ โดยใช้ ChatGPT สนับสนุนการจัดลำดับและเรียบเรียงเนื้อหา รวมถึงการสร้าง Prompt สำหรับการผลิตสื่อ ใช้ Gemini ในการสร้างภาพประกอบและตัวละครแบบ 2 มิติ และใช้ Flow ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวและวิดีโอ จากนั้นนำองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้มาปรับแก้และเรียบเรียงร่วมกับ Blender และ CapCut เพื่อสร้างและปรับแต่งภาพประกอบทางวิศวกรรม ตัดต่อวิดีโอ จัดลำดับเนื้อหา เพิ่มข้อความ เสียงบรรยาย และเสียงประกอบให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมกับการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดขอบเขตและเนื้อหาทางวิชาการ ควบคุมการออกแบบ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและองค์ประกอบของสื่อทุกขั้นตอน เพื่อให้เนื้อหามีความถูกต้อง สวยงาม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นเสนอสื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอน และผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ

หรือเทคโนโลยีการศึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของการนำเสนอ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และคุณภาพของสื่อ พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขสื่อให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปทดลองใช้ทำให้ได้สื่อประกอบการสอนดังรูปที่3



รูปที่ 3 สื่อประกอบการสอน

3.3 การจัดเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์

ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาและจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อกำหนดสัดส่วนของข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับประเภทของอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง หลักการทำงาน การเลือกใช้ การติดตั้ง ข้อควรระวังในการใช้งาน และนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงถือว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสามารถนำไปใช้ได้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้ ทั้งนี้ การหาค่า IOC โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน เป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับในการสร้างเครื่องมือวิจัย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, บุญชม ศรีสะอาด, 2560) วิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty Index: p) โดยคำนวณจากสัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อสอบถูกในแต่ละข้อ ตามหลักการวัดผลทางการศึกษา โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สมนึก ภัททิยธนี, 2560, บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จำนวน 75 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง (e) เท่ากับ 0.05 ภายหลังการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยพิจารณาจากนักศึกษาที่กำลังศึกษาในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมโยธาและมีคุณสมบัติสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมทั้งมีความพร้อมในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง จึงได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน เพื่อใช้ในการดำเนินการวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

การทดสอบผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน ที่เรียนทั้งเอกสารประกอบการสอนและสื่อชีวลักษณ์ ได้ผลทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนรวมทั้งหมด 10 คะแนน

กลุ่ม	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	t	Sig.
ก่อนเรียน	63	3.17	0.74	31.70	18.5	0.00
หลังเรียน	63	6.86	0.93	68.60		
ผลต่าง		**3.69**		**36.90**		

จากตารางที่ 1 พบว่า การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 3.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 31.70 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.86 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.60 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.93 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.69 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 36.90

เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า ค่า t เท่ากับ 18.50 และมีค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ประสิทธิภาพของสื่อชีวลักษณ์

ประสิทธิภาพของสื่อชีวลักษณ์ เป็นการวัดความสามารถในการใช้ปัจจัยการผลิต ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้เทียบกับปัจจัยที่ในการผลิตจริง โดยใช้สูตรการคำนวณตามแนวคิดของ McGuigan โดยได้ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของสื่อดังตารางที่ 2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างตามแนวคิดของ McGuigan จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 3.17 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.86 คะแนน เมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพของสื่อโดยวิธี McGuigan ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่อคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน พบว่ามีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 2.16 ค่าประสิทธิภาพดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1.00 แสดงให้เห็นว่า สื่อชีวลักษณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนถึง 2.16 เท่า สะท้อนให้เห็นว่าสื่อชีวลักษณ์มีความเหมาะสมในการถ่ายทอดเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเกี่ยวกับอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ทั้งในด้านหลักการทำงาน การเลือกใช้ และขั้นตอนการติดตั้ง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ตารางที่ 2 แสดงผลประสิทธิภาพสื่อชีวลักษณ์

กลุ่ม	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ประสิทธิภาพสื่อตามแนวคิดของ McGuigan
ก่อนเรียน	63	3.17	2.16
หลังเรียน	63	6.86	

4.3 ผลทดสอบความพึงพอใจต่อสื่อชีวลักษณ์

จากผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อชีวลักษณ์เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างดังตารางที่ 3 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านกิจกรรมเสริมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.90, S.D. = 0.29) อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ กิจกรรมเสริมการเรียนรู้มีความน่าสนใจเหมาะสม และดึงดูดผู้เรียน ($\bar{x}$ = 4.91, S.D. = 0.29) รองลงมา คือ ความเหมาะสมของกิจกรรมต่อการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.89, S.D. = 0.31)

ด้านสื่อชีวลักษณ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ สื่อชีวลักษณ์มีความน่าสนใจ เหมาะสม และสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ($\bar{x}$ = 4.90, S.D. = 0.30) รองลงมา คือ เรื่องราวมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย ($\bar{x}$ = 4.88, S.D. = 0.33) และสื่อมีความสอดคล้องกับเอกสารประกอบการสอน ($\bar{x}$ = 4.85, S.D. = 0.38)

สำหรับด้านข้อมูลและเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความครบถ้วนของเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.89, S.D. = 0.32) รองลงมา ได้แก่ ความเหมาะสมของการเข้าสู่บทเรียน ($\bar{x}$ = 4.87, S.D. = 0.34) และเนื้อหามีความชัดเจนและครอบคลุม ($\bar{x}$ = 4.86, S.D. = 0.36)

จากผลการประเมินดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อชีวลักษณ์ (Animation) เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างในระดับมากที่สุดทุกด้าน ทั้งในด้านข้อมูลและเนื้อหา ด้านสื่อชีวลักษณ์ และด้านกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ สะท้อนให้เห็นว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในด้านการออกแบบ การนำเสนอเนื้อหา และการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน

ตารางที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจ

ลำดับ	รายการ	ความพึงพอใจ		
		เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
1. ด้านข้อมูล / เนื้อหา				
1.1	ความครบถ้วนของเนื้อหา	4.89	0.32	มากที่สุด
1.2	ความเหมาะสมการเข้าสู่บทเรียน	4.87	0.34	มากที่สุด
1.3	เนื้อหามีความชัดเจนและครอบคลุม	4.86	0.36	มากที่สุด
เฉลี่ย		**4.87**	**0.34**	**มากที่สุด**
2. ด้านสื่อชีวลักษณ์				
2.1	มีความน่าสนใจ เหมาะสม ดึงดูด	4.90	0.30	มากที่สุด
2.2	สอดคล้องกับเอกสารประกอบการสอน	4.85	0.38	มากที่สุด
2.3	เรื่องราวชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.88	0.33	มากที่สุด
เฉลี่ย		**4.88**	**0.34**	**มากที่สุด**
3. ด้านกิจกรรมเสริมการเรียนรู้				
3.1	มีความน่าสนใจ เหมาะสม ดึงดูด	4.91	0.29	มากที่สุด
3.2	ความเหมาะสมการเรียนรู้	4.89	0.31	มากที่สุด
เฉลี่ย		**4.90**	**0.29**	**มากที่สุด**
เฉลี่ยรวม		**4.88**	**0.31**	**มากที่สุด**

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 18.50$, $p < .05$) โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 3.17 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 6.86 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.69 คะแนน แสดงให้เห็นว่า สื่อชีวลักษณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถเรียนรู้เนื้อหาที่มีความซับซ้อนเกี่ยวกับอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 ประสิทธิภาพของสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามแนวคิดของ McGuigan เท่ากับ 2.16 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.00 แสดงให้เห็นว่าสื่อดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน ทั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งพัฒนาสื่อชีวลักษณ์ให้มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน

5.3 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.88$, S.D. = 0.31) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าทุกด้านมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ ($\bar{x} = 4.90$) ด้านสื่อชีวลักษณ์ ($\bar{x} = 4.88$) และด้านข้อมูลและเนื้อหา ($\bar{x} = 4.87$) แสดงให้เห็นว่าสื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้ทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า สื่อชีวลักษณ์สามารถนำเสนอเนื้อหาที่มีความซับซ้อนของอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วยหลักการทำงาน การเลือกใช้ การติดตั้ง และข้อควรระวังในการใช้งาน ให้ผู้เรียนมองเห็นกระบวนการทำงานและลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน โดยใช้ภาพเคลื่อนไหว ข้อความ และคำอธิบายประกอบ ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีความเข้าใจในเนื้อหา และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ด้วยสื่อประสมของ Richard E. Mayer ที่อธิบายว่าการเรียนรู้ที่ใช้ทั้งภาพและคำอธิบายร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลของผู้เรียน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schneider และคณะ (2023) ที่พบว่าสื่อแอนิเมชันช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นกระบวนการ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rasiwan และคณะ (2023) ที่รายงานว่าสื่อแอนิเมชันสามมิติช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาทางวิศวกรรม รวมถึงงานวิจัยของ Barnes, McCoy และ Warnick (2023) ที่พบว่าสื่อดิจิทัลช่วยพัฒนาการเรียนรู้และทักษะการปฏิบัติงานด้านการ

ก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง การที่สื่อมีประสิทธิภาพตามแนวคิดของ McGuigan และผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ยังสะท้อนให้เห็นว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีการออกแบบเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และช่วยให้ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตามความต้องการ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า สื่อชีวลักษณ์ เรื่องอุปกรณ์ฝังยึดในคอนกรีตภายหลังสำหรับงานโครงสร้างที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีคุณภาพในด้านประสิทธิภาพของสื่อ สามารถสร้างความพึงพอใจแก่ผู้เรียน และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมโยธาและรายวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน

6. เอกสารอ้างอิง

American Concrete Institute. (2014). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14) and commentary (ACI 318R-14)*. American Concrete Institute.

Barnes, A. F., McCoy, A. P., & Warnick, Q. (2023). Developing supplemental instructional videos for construction management education. *Buildings, 13(10)*, 2466.

Black, J. B., Carroll, J. M., & McGuigan, S. M. (1987). What kind of minimal instruction manual is the most effective? In *Proceedings of Graphics Interface* (pp. 159–162). https://doi.org/10.1145/29933.275623

Coskun, A., & Cagiltay, K. (2022). A systematic review of eye-tracking-based research on animated multimedia learning. *Journal of Computer Assisted Learning, 38(2)*, 581–598.

Çeken, B., & Taşkın, N. (2022). Multimedia learning principles in different learning environments: A systematic review. *Smart Learning Environments, 9*, 19.

Foraboschi, P. (2023). Ultimate shear force of an any anchor group post-installed into concrete. *Materials, 16*(7), 2608.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. McGraw-Hill.

Menghini, A., Pettorruso, C., Scamardo, M., et al. (2026). Challenges and design enhancements on fatigue performance of post-installed anchors. *Materials and Structures, 59*, 153.

Nuhoğlu Kibar, P., & Ilgaz, H. (2026). The intersection of artificial intelligence and instructional design practice: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*.

Pellas, N. (2025). The impact of AI-generated instructional videos on problem-based learning in science teacher education. *Education Sciences*, 15(1), 102.

Rasiwan, Sasongko, H. W., Arif, R. M., et al. (2023). Learning media development based on 3D animation videos in courses mechanics technique. *International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research, 9*(2), 47–56.

Schneider, S., Krieglstein, F., Beege, M., & Rey, G. D. (2023). Successful learning with whiteboard animations: A question of their procedural character or narrative embedding. *Heliyon, 9*(2), e13229.

Stehle, E. J., & Sharma, A. (2021). Review of testing and qualification of post-installed anchors under seismic actions for structural applications. *CivilEng, 2*(2), 406–420.

Tombolini, E., Lembo, L., & Peluso Cassese, F. (2025). The impact of AI-generated multimedia on learning and information retention. *Italian Journal of Educational Technology*, 33(3).

Taro Yamane. (1973). *Statistics: An introductory analysis* (3rd ed.). Harper & Row.

Wolman, B. B. (1973). *Dictionary of behavioral science*. Van Nostrand Reinhold.

Zeman, O., Schwenn, M., Granig, M., & Bergmeister, K. (2021). Assessment of the deterioration state of post-installed bonded anchors using ultrasonic. *Materials, 14*(8), 2077.

Zhuang, Q., & Liu, X. (2022). Comparison of graph and animation: An unbalanced battle over two decades. *Frontiers in Psychology, 13*, 1-4.

ฉัตรชัย เสมาทอง, สุกัญญา ชูสาย และ ชูชีพ ระลึก (2568). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้เกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–6 ของโรงเรียนบ้านเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์โดยใช้สื่อการสอนด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI). วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 44(2), 227–237.

ธีรารัตน์ ชมภูทีป, พัชรีวรรณ กิจมี, พรสันต์ เลิศวิทยาวิวัฒน์, รตนภูมิ โนสุ และสุกัญญา นิมานันท์ (2569). การพัฒนาครูในการสร้างสื่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ของโรงเรียนประถมศึกษา. วารสาร มมร ล้านนาวิชาการ, 15(1), 1–10.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

พีรเดช บุญรอด และ พิชญาภา ยวงสร้อย (2568). การพัฒนารูปแบบกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะครูผู้สร้างสรรค์สื่อการเรียนรู้ด้วยปัญญาประดิษฐ์ สำหรับครูศูนย์ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ในจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารนวัตกรรมการจัดการศึกษาและการวิจัย*, 7(2), 187–200.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ยุพกา ฟูกุชิม่า. (2566). ความคาดหวังและความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการฟัง-พูดภาษาญี่ปุ่นโดยผู้สอนชาวไทย. *วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 23*(2), 91–119.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564). *มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (วสท. 011008-21)*. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2560). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 10). ประสานการพิมพ์.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

ประภาพรรณ รักเลี้ยง[1*] และปริศนา สุขศิริ[2]

Prapaphan Rakleang[1*] and Prissana Sooksiri[2]

[1*]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

[2]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

[1*]Faculty of Education, Phitsanulok University

[2]Faculty of Business Administration, Phitsanulok University

Corresponding author e-mail: papha5743@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปริมาณครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสี่กับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง 3) วิเคราะห์ปัจจัยที่สามารถพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง และ 4) สร้างสมการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน จากมหาวิทยาลัยเอกชน 7 แห่ง ได้มาด้วยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และการถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) ตัวแปรที่ศึกษาทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.47) รองลงมา ได้แก่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม ($\bar{x}$ = 4.31, S.D. = 0.49) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.51) วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม ($\bar{x}$ = 4.22, S.D. = 0.53) และสมรรถนะดิจิทัล ($\bar{x}$ = 4.18, S.D. = 0.56) ตามลำดับ 2) ปัจจัยทั้งสี่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์สูงที่สุด (r = .791) รองลงมา ได้แก่ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม (r = .754) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (r = .721) และสมรรถนะดิจิทัล (r = .683) 3) ปัจจัยทั้งสี่เป็นตัวแปรพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการบริหารแบบมีส่วนร่วมมีน้ำหนักการพยากรณ์สูงที่สุด (β = .331) รองลงมา ได้แก่ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม (β = .289) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (β = .261) และสมรรถนะดิจิทัล (β = .194) ตามลำดับ ตัวแปรทั้งหมดร่วมกันพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละ 70.90 (R = .842, R^2 = .709, Adjusted R^2 = .706, F = 240.613, $p < .001$) และ 4) สมการพยากรณ์

ในรูปคะแนนดิบ คือ $\hat{Y} = 0.521 + 0.218X_1 + 0.163X_2 + 0.247X_3 + 0.286X_4$ ส่วนสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน คือ $\hat{ZY} = 0.261ZX_1 + 0.194ZX_2 + 0.289ZX_3 + 0.331ZX_4$ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงควรให้ความสำคัญเป็นลำดับแรกกับการบริหารแบบมีส่วนร่วม ควบคู่กับการสร้างวัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การพัฒนาวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ และการยกระดับสมรรถนะดิจิทัลของผู้บริหาร

คำสำคัญ: ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง, วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์, สมรรถนะดิจิทัล, วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม , การบริหารแบบมีส่วนร่วม

ABSTRACT

This quantitative research aimed to: (1) examine the levels of strategic vision, digital competency, innovative organizational culture, participative management, and transformational leadership among private university administrators; (2) investigate the relationships between the four factors and transformational leadership; (3) identify the factors predicting transformational leadership; and (4) develop predictive equations for transformational leadership. The sample comprised 400 academic personnel from seven private universities, selected through multistage sampling. Data were collected using a questionnaire and analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's product–moment correlation coefficient, and multiple regression analysis. The findings revealed that: (1) all variables were rated at a high level, with an overall mean of 4.27 (S.D. = 0.51). Transformational leadership had the highest mean score ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.47), followed by participative management ($\bar{x}$ = 4.31, S.D. = 0.49), strategic vision ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.51), innovative organizational culture ($\bar{x}$ = 4.22, S.D. = 0.53), and digital competency ($\bar{x}$ = 4.18, S.D. = 0.56), respectively; (2) all four factors were positively correlated with transformational leadership at the .01 level of statistical significance. Participative management exhibited the strongest correlation (r = .791), followed by innovative organizational culture (r = .754), strategic vision (r = .721), and digital competency (r = .683); (3) all four factors significantly predicted transformational leadership. Participative management had the highest standardized regression coefficient (β = .331), followed by innovative organizational culture (β = .289), strategic vision (β = .261), and digital competency (β = .194), respectively. Collectively, the four factors explained 70.90% of the variance in transformational leadership (R = .842, R^2 = .709, Adjusted

R^2 = .706, F = 240.613, p < .001); and (4) the predictive equation in unstandardized scores was $\hat{Y}$ = 0.521 + 0.218X_1 + 0.163X_2 + 0.247X_3 + 0.286X_4, while the standardized predictive equation was $\hat{ZY}$ = 0.261ZX_1 + 0.194ZX_2 + 0.289ZX_3 + 0.331ZX_4. The findings indicate that developing transformational leadership among private university administrators should prioritize participative management, together with fostering an innovative organizational culture, strengthening strategic vision, and enhancing administrators' digital competency.

Keywords: Transformational leadership, Strategic vision, Digital competency, Innovative organizational culture, Participative management

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ เศรษฐกิจฐานความรู้ รูปแบบการเรียนรู้ตลอดชีวิต และความต้องการกำลังคนที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สถาบันอุดมศึกษาต้องปรับบทบาทจากการเป็นแหล่งผลิตบัณฑิตไปสู่การเป็นองค์กรที่สร้างองค์ความรู้ พัฒนานวัตกรรม เชื่อมโยงกับตลาดแรงงาน และจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อผู้เรียนหลากหลายช่วงวัย สถาบันอุดมศึกษาจึงต้องพัฒนาหลักสูตร รูปแบบการเรียนรู้ ระบบบริการ และโครงสร้างการบริหารให้มีความยืดหยุ่น สามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่มีความไม่แน่นอนและการแข่งขันสูงได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสถาบันอุดมศึกษาเอกชนซึ่งพึ่งพารายได้จากค่าธรรมเนียมการศึกษาเป็นสำคัญและต้องสร้างความแตกต่างเพื่อดึงดูดและรักษาผู้เรียนไว้กับสถาบัน (สุรินทร์ คำฝอย, 2568)

ความท้าทายสำคัญประการหนึ่งของอุดมศึกษาไทยคือการลดลงของประชากรวัยเรียน สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2566) รายงานว่า ในช่วง พ.ศ. 2561–2565 ประชากรวัยเรียนของประเทศไทยลดลงเฉลี่ยร้อยละ 1.20 ต่อปี โดยประชากรอายุ 15–17 ปี ซึ่งเป็นฐานผู้เรียนที่จะเข้าสู่ระดับอุดมศึกษา ลดลงจากประมาณ 2.63 ล้านคนใน พ.ศ. 2561 เหลือประมาณ 2.45 ล้านคนใน พ.ศ. 2565 ขณะที่สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2567) ระบุว่า สัดส่วนประชากรเด็กและเยาวชนอายุไม่เกิน 19 ปี ลดลงจากร้อยละ 26.0 ใน พ.ศ. 2556 เหลือร้อยละ 21.7 ใน พ.ศ. 2565 อันเป็นผลจากอัตราการเกิดที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์ดังกล่าวทำให้จำนวนผู้เรียนที่มหาวิทยาลัยสามารถรับเข้าศึกษามีแนวโน้มจำกัดลง และทำให้การแข่งขันระหว่างมหาวิทยาลัยของรัฐ มหาวิทยาลัยเอกชน หลักสูตรออนไลน์ และหลักสูตรระยะสั้นที่ไม่มุ่งรับปริญญามีความเข้มข้นมากขึ้น

ข้อมูลสถานภาพสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีสถาบันอุดมศึกษาเอกชนจำนวน 70 แห่ง ประกอบด้วยมหาวิทยาลัยเอกชน 44 แห่ง วิทยาลัยเอกชน 15 แห่ง และสถาบันเอกชน 11 แห่ง โดยในปีการศึกษา 2567 มีนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาเอกชนรวม 310,597 คน คิดเป็นร้อยละ 16.4 ของนักศึกษาทั้งระบบ เมื่อพิจารณาแนวโน้มย้อนหลังพบว่า จำนวนนักศึกษาเอกชนลดลงจากประมาณ

0.31 ล้านคนในช่วงปีการศึกษา 2555–2557 เหลือประมาณ 0.28 ล้านคนในปีการศึกษา 2565 ก่อนเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 0.29 ล้านคนในปีการศึกษา 2566 และ 0.31 ล้านคนในปีการศึกษา 2567 ข้อมูลดังกล่าวจึงสะท้อนการฟื้นตัวในระยะสั้นมากกว่าการเติบโตอย่างต่อเนื่องในระยะยาว นอกจากนี้ เมื่อจำแนกตามขนาด พบว่า มีสถาบันขนาดใหญ่ 16 แห่ง ขนาดกลาง 31 แห่ง และขนาดเล็ก 23 แห่ง แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างด้านฐานทรัพยากร จำนวนผู้เรียน และศักยภาพในการแข่งขันระหว่างสถาบันอย่างชัดเจน (สุรินทร์ คำฝอย, 2568)

ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดทิศทางและความอยู่รอดขององค์กร เนื่องจากการตัดสินใจของผู้บริหารเกี่ยวข้องโดยตรงกับการกำหนดตำแหน่งเชิงยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย การพัฒนาหลักสูตร การจัดสรรทรัพยากร การยกระดับคุณภาพอาจารย์ การนำเทคโนโลยีมาใช้ การสร้างประสบการณ์ของผู้เรียน และการสื่อสารภาพลักษณ์ต่อสาธารณชน งานวิจัยของ Harahap et al. (2023) ซึ่งศึกษาผู้สมัครเข้าศึกษาจำนวน 388 คนในมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งของประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ภาพลักษณ์มหาวิทยาลัยและคุณภาพอาจารย์ร่วมกันอธิบายการตัดสินใจเลือกมหาวิทยาลัยได้ร้อยละ 62.70 โดยภาพลักษณ์มหาวิทยาลัยมีอิทธิพลสูงกว่าคุณภาพอาจารย์ ขณะที่ Scott and Guan (2024) ศึกษานักศึกษาจำนวน 371 คนจากมหาวิทยาลัยเอกชนขนาดเล็กสองแห่งในประเทศไทย พบว่า คุณภาพการจัดการเรียนการสอนมีอิทธิพลอย่างมากต่อการบูรณาการทางวิชาการของนักศึกษา และการบูรณาการทางวิชาการส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจคงอยู่ในสถาบัน ผลการศึกษาเหล่านี้สะท้อนว่า บทบาทผู้บริหารมิได้จำกัดอยู่เพียงการบริหารงานภายใน แต่ยังเชื่อมโยงกับการรับรู้คุณค่า ภาพลักษณ์ ความเชื่อมั่น การตัดสินใจเข้าศึกษา และการคงอยู่ของนักศึกษาอีกด้วย

แนวคิดภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงเป็นกรอบสำคัญสำหรับอธิบายความสามารถของผู้บริหารในการนำองค์กรให้ปรับตัวต่อสถานการณ์ดังกล่าว ตามแนวคิดของ Bass and Riggio (2006) ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงประกอบด้วยอิทธิพลเชิงอุดมการณ์ การสร้างแรงบันดาลใจ การกระตุ้นทางปัญญา และการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล ผู้นำลักษณะนี้สามารถกำหนดและสื่อสารวิสัยทัศน์ร่วม กระตุ้นให้บุคลากรตั้งคำถามต่อวิธีปฏิบัติเดิม ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ และพัฒนาศักยภาพของบุคลากรให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง สำหรับมหาวิทยาลัยเอกชน ภาวะผู้นำดังกล่าวมีความสำคัญเป็นพิเศษ เพราะผู้บริหารต้องสร้างสมดุลระหว่างคุณภาพทางวิชาการ ความมั่นคงทางการเงิน ความคาดหวังของผู้เรียน การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบดิจิทัล และความสามารถในการแข่งขันของสถาบัน

จากการสังเคราะห์แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยกำหนดปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนจำนวน 4 ด้าน ได้แก่ ประการแรก วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ ซึ่งสะท้อนความสามารถในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม กำหนดทิศทางระยะยาว และสื่อสารเป้าหมายให้บุคลากรเห็นภาพอนาคตร่วมกัน ประการที่สอง สมรรถนะดิจิทัล ซึ่งครอบคลุมความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ข้อมูลสารสนเทศ แพลตฟอร์มดิจิทัล และปัญญาประดิษฐ์เพื่อการตัดสินใจและการบริหารการ

เปลี่ยนแปลง ประการที่สาม วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม ซึ่งเป็นระบบค่านิยมและพฤติกรรมที่สนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ การทดลอง การเรียนรู้จากความผิดพลาด และการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และประการที่สี่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม ซึ่งเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบาย วางแผน ตัดสินใจ และประเมินผล อันช่วยสร้างความไว้วางใจ ความรู้สึกเป็นเจ้าของ และการยอมรับต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์กร

เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ผ่านมาอย่างเป็นระบบ พบว่า ประภาพรรณ รักเลี้ยง (2564) ศึกษาผู้บริหารและบุคลากรสายการสอนของมหาวิทยาลัยเอกชนสามแห่งในกรุงเทพมหานคร โดยวิเคราะห์ภาวะผู้นำที่พึงประสงค์ การบริหารจัดการองค์การ การจัดสภาพแวดล้อม และการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของสถาบัน ผลการวิจัยยืนยันความสำคัญของภาวะผู้นำและการบริหารจัดการ แต่จำกัดอยู่ในมหาวิทยาลัยเอกชนสามแห่งและใช้ความสำเร็จขององค์การเป็นตัวแปรตาม จึงยังไม่ได้ศึกษาปัจจัยที่ร่วมกันพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงโดยตรง ส่วน Al-Husseini and Elbeltagi (2016) ศึกษาบุคลากรสายสอนจำนวน 439 คน และผู้บริหารจำนวน 10 คน จากสถาบันอุดมศึกษาของรัฐและเอกชนในประเทศอิรัก โดยวิเคราะห์อิทธิพลของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อนวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการ แม้ผลการศึกษาจะยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างภาวะผู้นำกับนวัตกรรม แต่กำหนดภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงเป็นตัวแปรต้น มิได้ศึกษาว่าปัจจัยใดทำให้ภาวะผู้นำดังกล่าวเกิดขึ้น

ในด้านดิจิทัล Ghamrawi and Tamim (2023) ศึกษาผู้บริหารและบุคลากรแกนนำจำนวน 6 คน ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในรัฐอ่าวอาหรับ และสังเคราะห์คุณลักษณะผู้นำดิจิทัล 5 ด้าน ได้แก่ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมดิจิทัล การสร้างความแตกต่างเชิงดิจิทัล ธรรมาภิบาลดิจิทัล และการสนับสนุนการใช้ดิจิทัล อย่างไรก็ตาม การศึกษาเป็นกรณีศึกษาเฉพาะมหาวิทยาลัยแห่งเดียวและมีผู้ให้ข้อมูลจำนวนน้อย ขณะที่ Suryadi et al. (2024) ศึกษาอาจารย์จำนวน 234 คนจากสถาบันอุดมศึกษาสี่แห่งในเมืองมาลัง ประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ภาวะผู้นำดิจิทัลและความรู้เท่าทันดิจิทัลส่งผลต่อการสร้างนวัตกรรมดิจิทัลและผลการดำเนินงานของสถาบัน แต่ไม่ได้ศึกษาสมรรถนะดิจิทัลร่วมกับวิสัยทัศน์ วัฒนธรรมนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วมในการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

สำหรับการมีส่วนร่วม Zulfqar et al. (2022) ศึกษาอาจารย์จำนวน 218 คนจากมหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชนสี่แห่งในประเทศปากีสถาน โดยวิเคราะห์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงและการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมที่สัมพันธ์กับการรับรู้ความสามารถของตนเอง แรงจูงใจภายใน และความพึงพอใจในการทำงาน ผลการวิจัยพบความสัมพันธ์กับความพึงพอใจในการทำงาน แต่ความสัมพันธ์กับแรงจูงใจภายในอยู่ในระดับต่ำ งานวิจัยดังกล่าวมุ่งศึกษาผลลัพธ์ระดับบุคลากรและรวมมหาวิทยาลัยของรัฐกับเอกชนไว้ด้วยกัน จึงยังไม่สามารถอธิบายบทบาทเฉพาะของการบริหารแบบมีส่วนร่วมต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงในบริบทมหาวิทยาลัยเอกชนได้อย่างชัดเจน

จากหลักฐานข้างต้นพบว่า งานวิจัยเดิมให้ความสำคัญกับภาวะผู้นำในฐานะปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผล นวัตกรรม ความพึงพอใจ หรือผลการดำเนินงานของมหาวิทยาลัย ขณะที่งานที่ศึกษาปัจจัย

ก่อให้เกิดภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงยังมักพิจารณาตัวแปรเพียงบางด้าน ศึกษาสถาบันเฉพาะแห่ง หรือรวมมหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชนเข้าด้วยกัน จึงยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ที่บูรณาการวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วมไว้ในกรอบการวิเคราะห์เดียวกัน เพื่ออธิบายภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนไทย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาระดับและความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว รวมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่สามารถร่วมกันพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ได้ข้อค้นพบสำหรับกำหนดแนวทางพัฒนาผู้บริหารและยกระดับขีดความสามารถในการปรับตัวและการแข่งขันของมหาวิทยาลัยเอกชนไทยในยุคดิจิทัล

วัตถุประสงค์การวิจัย

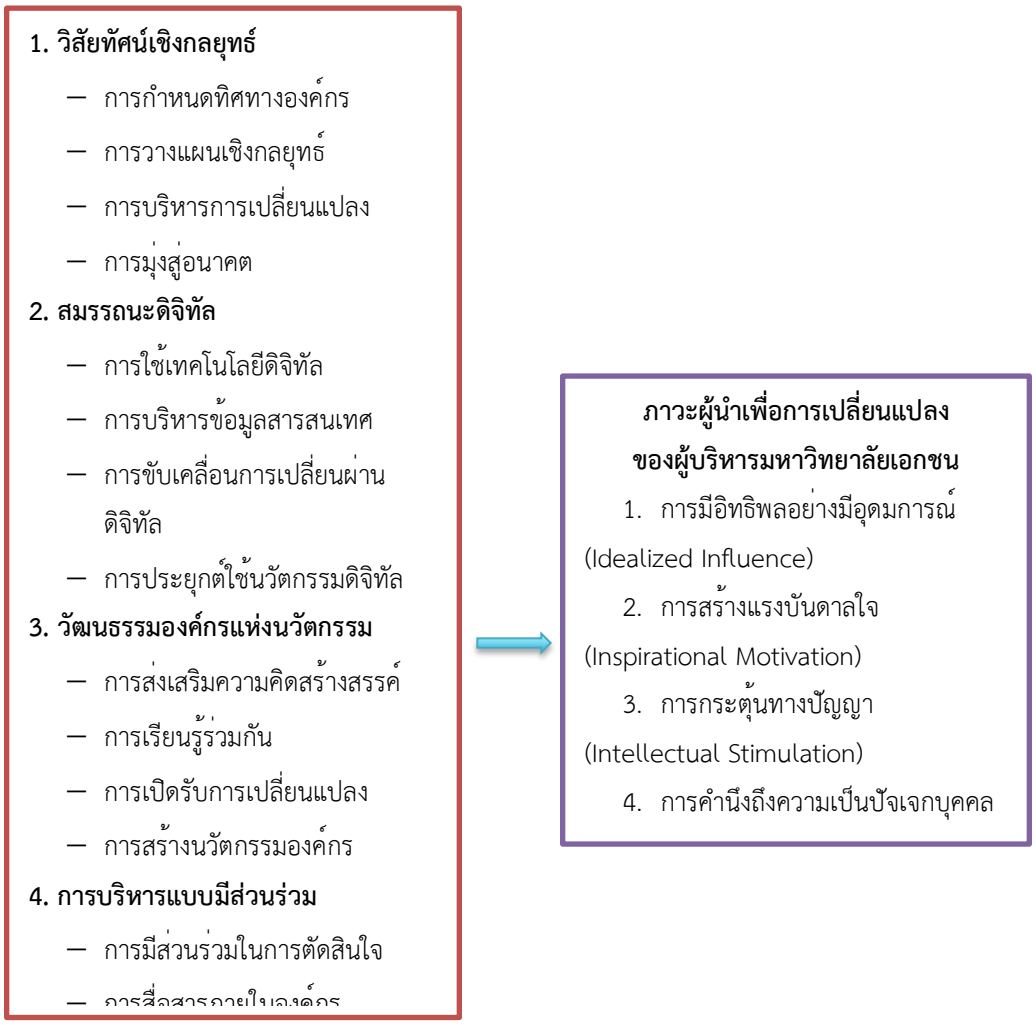
1. เพื่อศึกษาระดับวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม กับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน
4. เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

สมมติฐานการวิจัย

1. วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน
2. สมรรถนะดิจิทัลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน
3. วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน
4. การบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ตัวแปรตาม (Dependent Variable)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนครั้งนี้ กำหนดภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงเป็นตัวแปรตาม และกำหนดวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นตัวแปรพยากรณ์ โดยอาศัยทฤษฎีภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง ทฤษฎีภาวะผู้นำเชิงกลยุทธ์ แนวคิดสมรรถนะดิจิทัล ทฤษฎีวัฒนธรรมองค์กร แนวคิดการบริหารแบบมีส่วนร่วม และทฤษฎีการรู้คิดทางสังคมเป็นฐานในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

แนวคิดภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีรากฐานจาก Burns (1978) ซึ่งอธิบายว่า ภาวะผู้นำเป็นกระบวนการที่ผู้นำและผู้ตามมีอิทธิพลต่อกัน โดยผู้นำสามารถยกระดับแรงจูงใจ ค่านิยม และจิตสำนึกของผู้ตามให้ก้าวพ้นจากผลประโยชน์ส่วนตนและมุ่งสู่เป้าหมายร่วมขององค์กร ต่อมา Bass (1985) ได้ขยายแนวคิดดังกล่าว โดยเสนอว่าผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงสามารถทำให้ผู้ตามปฏิบัติงานได้สูงกว่าความคาดหวังผ่านการสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของเป้าหมาย การกระตุ้นให้คำนึงถึงประโยชน์ขององค์กร และการยกระดับความต้องการของผู้ตามไปสู่ระดับที่สูงขึ้น

Bass และ Riggio (2006) จำแนกพฤติกรรมภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) การมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ (idealized influence) หมายถึง การที่ผู้นำประพฤติตนเป็นแบบอย่าง มีคุณธรรม และได้รับความเชื่อถือไว้วางใจจากบุคลากร (2) การสร้างแรงบันดาลใจ (inspirational motivation) หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดวิสัยทัศน์ ความคาดหวัง และความหมายของการทำงานให้บุคลากรเกิดความมุ่งมั่นต่อเป้าหมายร่วม (3) การกระตุ้นทางปัญญา (intellectual stimulation) หมายถึง การส่งเสริมให้บุคลากรตั้งคำถามต่อวิธีการเดิม คิดวิเคราะห์ และพัฒนาแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหา และ (4) การคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล (individualized consideration) หมายถึง การรับฟัง ให้คำปรึกษา และสนับสนุนการพัฒนาบุคลากรตามศักยภาพและความต้องการที่แตกต่างกัน

หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนความสำคัญของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์อภิมานจาก 117 กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย 113 เรื่องพบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการปฏิบัติงานทั้งในระดับบุคคล ทีม และองค์กร (Wang et al., 2011) สำหรับบริบทอุดมศึกษา Al-Husseini และ Elbeltagi (2016) ศึกษาบุคลากรสายวิชาการ 439 คน และผู้บริหาร 10 คน จากสถาบันอุดมศึกษาของรัฐและเอกชนในประเทศอิรัก พบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการของสถาบันอุดมศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงจึงหมายถึง พฤติกรรมของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนในการประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่น่าเชื่อถือ ถ่ายทอดวิสัยทัศน์และสร้างแรงบันดาลใจ กระตุ้นให้บุคลากรคิดและปฏิบัติงานด้วยแนวทางใหม่ ตลอดจนสนับสนุนการพัฒนาบุคลากรโดยคำนึงถึงความแตกต่าง

ระหว่างบุคคล เพื่อให้องค์กรสามารถปรับตัวและบรรลุเป้าหมายท่ามกลางการเปลี่ยนแปลง ของบริบทอุดมศึกษา

2.2 วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์กับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์หมายถึง ความสามารถของผู้บริหารในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม คาดการณ์แนวโน้มในอนาคต กำหนดภาพอนาคตและทิศทางระยะยาวขององค์กร ตลอดจนสื่อสารและถ่ายทอดวิสัยทัศน์ให้บุคลากรเข้าใจ ยอมรับ และนำไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีภาวะผู้นำเชิงกลยุทธ์ ซึ่งอธิบายว่าผู้นำเชิงกลยุทธ์ต้องสามารถคาดการณ์อนาคต สร้างวิสัยทัศน์ รักษาความยืดหยุ่นทางการบริหาร และเสริมพลังให้บุคลากรร่วมสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงกลยุทธ์ (Ireland & Hitt, 1999)

Kantabutra และ Avery (2010) อธิบายว่า วิสัยทัศน์ที่มีประสิทธิผลควรมีความชัดเจน มุ่งอนาคตท้าทายแต่สามารถบรรลุได้ มีความมั่นคงเพียงพอสำหรับใช้กำหนดทิศทาง และสามารถสร้างความหมายร่วมแก่สมาชิกขององค์กร วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์จึงไม่ได้หมายถึงการกำหนดข้อความวิสัยทัศน์เพียงอย่างเดียว แต่ครอบคลุมการวิเคราะห์บริบท การกำหนดลำดับความสำคัญ การสื่อสารทิศทาง และการเชื่อมโยงวิสัยทัศน์กับแผนงานและการจัดสรรทรัพยากรของมหาวิทยาลัย

วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์มีความเชื่อมโยงกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงโดยตรง โดยเฉพาะองค์ประกอบด้านการสร้างแรงบันดาลใจ ผู้นำที่เข้าใจสภาพแวดล้อมและมีภาพอนาคตที่ชัดเจนย่อมสามารถอธิบายเหตุผลของการเปลี่ยนแปลง กำหนดเป้าหมายที่ท้าทาย และทำให้บุคลากรมองเห็นคุณค่าของการร่วมขับเคลื่อนองค์กรได้ เพื่อป้องกันความซ้ำซ้อนเชิงมโนทัศน์ การวิจัยครั้งนี้จำแนกวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์เป็นความสามารถด้านการวิเคราะห์และกำหนดทิศทางในอนาคต ขณะที่การสร้างแรงบันดาลใจ เป็นพฤติกรรมของผู้นำในการสื่อสารและจูงใจให้บุคลากรยอมรับทิศทางดังกล่าว

หลักฐานเชิงประจักษ์ของ Berson et al. (2001) ซึ่งศึกษาผู้นำชุมชน 141 คน พบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มแข็งเชิงแรงบันดาลใจของวิสัยทัศน์ที่ผู้นำถ่ายทอด ขณะที่ Habeeb และ Eyupoglu (2024) ศึกษาบุคลากร 388 คน จากมหาวิทยาลัยของรัฐ 48 แห่งในประเทศไนจีเรีย และพบว่า การวางแผนเชิงกลยุทธ์มีอิทธิพลทางบวกต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงและผลการดำเนินงานขององค์กร ผลการศึกษาดังกล่าวสนับสนุนว่า ความสามารถในการกำหนดทิศทางและการดำเนินงานเชิงกลยุทธ์มีความสัมพันธ์กับการแสดงพฤติกรรมภาวะผู้นำที่มุ่งสร้างการเปลี่ยนแปลง

ดังนั้น จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

2.3 สมรรถนะดิจิทัลกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

สมรรถนะดิจิทัลหมายถึง การบูรณาการความรู้ ทักษะ เจตคติ และวิจารณญาณที่ทำให้บุคคลสามารถใช้เทคโนโลยีดิจิทัลได้อย่างมั่นใจ มีประสิทธิผล ปลอดภัย มีจริยธรรม และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงาน กรอบสมรรถนะดิจิทัล DigComp 2.2 จำแนกสมรรถนะดิจิทัลเป็น 5 ด้าน ได้แก่ (1) การรู้สารสนเทศและข้อมูล (2) การสื่อสารและความร่วมมือผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล (3) การสร้างเนื้อหาดิจิทัล (4) ความปลอดภัยทางดิจิทัล และ (5) การแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล (Vuorikari et al., 2022)

สำหรับผู้บริหารมหาวิทยาลัย สมรรถนะดิจิทัลไม่ได้จำกัดเฉพาะความสามารถในการใช้อุปกรณ์หรือโปรแกรม แต่ครอบคลุมการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การเลือกใช้เทคโนโลยีให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ การกำกับดูแลข้อมูลและความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ การสื่อสารและทำงานร่วมกันในสภาพแวดล้อมดิจิทัล ตลอดจนการสนับสนุนให้บุคลากรทดลองและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาอย่างรับผิดชอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะดิจิทัลกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงสามารถอธิบายผ่านแนวคิดความสามารถเชิงพลวัต ซึ่งระบุว่าองค์กรและผู้นำจำเป็นต้องมีความสามารถในการตรวจจับโอกาสและภัยคุกคาม การเลือกใช้โอกาสอย่างเหมาะสม และการปรับเปลี่ยนทรัพยากรหรือกระบวนการให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง (Teece et al., 1997) สมรรถนะดิจิทัลจึงเป็นความสามารถพื้นฐานที่ช่วยให้ผู้บริหารเข้าถึงและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารวิสัยทัศน์ผ่านช่องทางใหม่ สนับสนุนการทดลอง และปรับระบบงานของมหาวิทยาลัยให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วขึ้น พฤติกรรมเหล่านี้สอดคล้องกับการสร้างแรงบันดาลใจและการกระตุ้นทางปัญญาตามแนวคิดภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

Antonopoulou et al. (2021) ศึกษาสมาชิกสภามหาวิทยาลัยจำนวน 20 คนในประเทศกรีซ และชี้ให้เห็นว่า การบริหารมหาวิทยาลัยในบริบทดิจิทัลจำเป็นต้องพัฒนาภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงควบคู่กับทักษะและภาวะผู้นำดิจิทัล แม้งานดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่สะท้อนความเชื่อมโยงของความสามารถทั้งสองด้านในบริบทอุดมศึกษา นอกจากนี้ Ersoy และ Penpece Demırer (2026) ศึกษาผู้บริหารสถานศึกษา 391 คนในประเทศตุรกี พบว่า สมรรถนะดิจิทัลมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลางกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = .489$, $p < .01$) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวศึกษาในสถานศึกษาของรัฐระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงยังไม่สามารถอธิบายบริบทของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนได้อย่างครอบคลุม

ดังนั้น จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ดังนี้

สมมติฐานที่ 2 สมรรถนะดิจิทัลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

2.4 วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

วัฒนธรรมองค์กรหมายถึง แบบแผนของค่านิยม ความเชื่อ ข้อสมมติฐาน และแนวปฏิบัติร่วมที่สมาชิกใช้ในการทำความเข้าใจปัญหาและกำหนดพฤติกรรมที่เหมาะสมภายในองค์กร (Schein, 2010) วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมจึงหมายถึง ค่านิยมและแนวปฏิบัติร่วมที่สนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ การเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนความรู้ การทดลองแนวทางใหม่ การยอมรับความเสี่ยงที่เหมาะสม และการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด

กรอบค่านิยมการแข่งขันของ Quinn และ Rohrbaugh (1983) อธิบายว่าวัฒนธรรมที่เน้นความยืดหยุ่นและการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมภายนอกหรือวัฒนธรรมแบบมุ่งพัฒนา มีคุณลักษณะสำคัญคือ ความคิดริเริ่ม การทดลอง การปรับตัว และการแสวงหาโอกาสใหม่ คุณลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับวัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม ขณะที่ Martins และ Terblanche (2003) เสนอว่า วัฒนธรรมที่ส่งเสริมนวัตกรรมควรประกอบด้วยกลยุทธ์ที่สนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ โครงสร้างที่ยืดหยุ่น กลไกสนับสนุนพฤติกรรมที่ส่งเสริมการทดลอง และการสื่อสารอย่างเปิดกว้าง

ในเชิงทฤษฎี ความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมองค์กรกับภาวะผู้นำมีลักษณะเกื้อหนุนและมีอิทธิพลซึ่งกันและกัน ผู้นำสามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมผ่านสิ่งที่ผู้นำให้ความสำคัญ การเป็นแบบอย่าง การจัดสรรทรัพยากร และการให้รางวัล ในทางกลับกัน วัฒนธรรมที่มีอยู่ก็เป็นบริบทที่กำหนดว่าพฤติกรรมของผู้นำรูปแบบใดจะได้รับการยอมรับและสามารถแสดงออกได้อย่างมีประสิทธิผล (Schein, 2010) มหาวิทยาลัยที่เปิดกว้างต่อความคิดใหม่ ยอมรับการทดลอง และสนับสนุนการเรียนรู้ จึงเอื้อต่อการที่ผู้บริหารจะแสดงพฤติกรรมกระตุ้นทางปัญญา สร้างแรงบันดาลใจ และสนับสนุนการพัฒนาบุคลากรได้มากขึ้น

Xenikou และ Simosi (2006) ศึกษาพนักงานประมาณ 300 คนในองค์กรทางการเงิน พบว่าภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงและวัฒนธรรมองค์กรมีความสัมพันธ์กันและมีผลร่วมต่อผลการดำเนินงานของหน่วยธุรกิจ ขณะที่ Al-Husseini และ Elbeltagi (2016) พบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงส่งเสริมนวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการในสถาบันอุดมศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน หลักฐานดังกล่าวแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ใกล้ชิดระหว่างภาวะผู้นำ วัฒนธรรม และนวัตกรรม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่มักกำหนดภาวะผู้นำเป็นตัวแปรต้นและวัฒนธรรมเป็นตัวแปรส่งผ่านหรือผลลัพธ์ การศึกษาวัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมในฐานะบริบทที่สามารถพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยเอกชนไทย ยังมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้น จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ดังนี้

สมมติฐานที่ 3 วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

2.5 การบริหารแบบมีส่วนร่วมกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

การบริหารแบบมีส่วนร่วมหมายถึง กระบวนการที่ผู้บริหารเปิดโอกาสให้บุคลากรเข้าถึงข้อมูล แสดงความคิดเห็น เสนอทางเลือก มีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ ตลอดจนร่วมติดตามและประเมินผลการดำเนินงานขององค์กร แนวคิดดังกล่าวมีพื้นฐานจากทฤษฎีการบริหารแบบมีส่วนร่วมของ Likert (1961) ซึ่งเน้นหลักการสนับสนุนซึ่งกันและกัน การตัดสินใจโดยกลุ่ม และการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานในระดับสูง

Wang et al. (2022) สังเคราะห์วรรณกรรมเกี่ยวกับภาวะผู้นำแบบมีส่วนร่วมและเสนอว่าแก่นสำคัญของแนวคิดนี้คือการปรึกษาบุคลากรก่อนตัดสินใจ การแบ่งปันข้อมูลและอำนาจตัดสินใจ และการจัดสรรทรัพยากรที่ทำให้บุคลากรสามารถร่วมแก้ปัญหาได้อย่างแท้จริง กระบวนการดังกล่าวช่วยสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของ ความไว้วางใจ ความปลอดภัยทางจิตใจ และการรับรู้ว่าความคิดเห็นของบุคลากรมีคุณค่าต่อองค์กร

การบริหารแบบมีส่วนร่วมเอื้อต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเปิดรับความคิดเห็นทำให้ผู้บริหารได้รับข้อมูลและมุมมองที่หลากหลายสำหรับการกำหนดวิสัยทัศน์ร่วม สามารถกระตุ้นให้บุคลากรคิดวิเคราะห์และเสนอแนวทางใหม่ รวมทั้งแสดงความใส่ใจต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม แนวคิดทั้งสองมีจุดเน้นแตกต่างกัน กล่าวคือ การบริหารแบบมีส่วนร่วมเน้นกระบวนการกระจายข้อมูลและอำนาจในการตัดสินใจ ส่วนภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงเน้นพฤติกรรมการสร้างความหมาย แรงบันดาลใจ การคิดเชิงนวัตกรรม และการพัฒนาศักยภาพของผู้ตาม

ในบริบทอุดมศึกษา Zulfqar et al. (2016) ศึกษาคณบดีและหัวหน้าภาควิชา 46 คน จากมหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชน 4 แห่งในประเทศปากีสถาน พบว่า แนวปฏิบัติของผู้บริหารมีทั้งลักษณะภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงและการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วม โดยพฤติกรรมสำคัญได้แก่ การถ่ายทอดวิสัยทัศน์ การสร้างการยอมรับเป้าหมายร่วม และการใช้แนวทางความร่วมมือในการตัดสินใจ ต่อมา Zulfqar et al. (2022) ศึกษาอาจารย์ 218 คน จากมหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชน 4 แห่ง และพบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงและการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจในการทำงานและแรงจูงใจของอาจารย์ แม้ผลบางด้านจะมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำก็ตาม ผลการศึกษาเหล่านี้สนับสนุนว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำงานเกื้อหนุนกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงในมหาวิทยาลัย

ดังนั้น จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 ดังนี้

สมมติฐานที่ 4 การบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

2.6 การบูรณาการตัวแปรและการพัฒนาสมมติฐานรวม

การบูรณาการตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้อาศัยทฤษฎีการรู้คิดทางสังคมของ Bandura (1986) ซึ่งอธิบายว่า พฤติกรรมของบุคคลเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรม และสภาพแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง เมื่อนำมาประยุกต์กับการศึกษาภาวะผู้นำ วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์และสมรรถนะดิจิทัลถือเป็นความสามารถส่วนบุคคลและกระบวนการทางความคิดของผู้บริหาร วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมเป็นสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนหรือจำกัดการแสดงพฤติกรรม ขณะที่การบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นกระบวนการทางพฤติกรรมที่เชื่อมโยงผู้บริหารกับบุคลากรภายในองค์กร

ผู้บริหารที่สามารถกำหนดทิศทางเชิงกลยุทธ์ ใช้เทคโนโลยีและข้อมูลอย่างมีประสิทธิผล ปฏิบัติงานในวัฒนธรรมที่สนับสนุนการเรียนรู้และนวัตกรรม และเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ย่อมมีเงื่อนไขที่เอื้อต่อการแสดงพฤติกรรมภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งด้านการเป็นแบบอย่าง การสร้างแรงบันดาลใจ การกระตุ้นทางปัญญา และการคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ตัวแปรทั้งสี่จึงไม่ได้ทำงานอย่างแยกส่วน แต่เป็นองค์ประกอบด้านความคิด ความสามารถ บริบท และกระบวนการบริหารที่ร่วมกันอธิบายความแตกต่างของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง

ดังนั้น จึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 5 ดังนี้

สมมติฐานที่ 5 วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม สามารถร่วมกันพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย (1) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (2) สมรรถนะดิจิทัล (3) วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และ (4) การบริหารแบบมีส่วนร่วม กับตัวแปรตาม คือ ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเอกชนในประเทศไทย ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ด้านการเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการ และการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ภายใต้การกำกับดูแลของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน บุคลากรกลุ่มดังกล่าวมีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานร่วมกับผู้บริหารและสามารถประเมินพฤติกรรมภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารได้อย่างเหมาะสม โดยมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 10,015 คน (สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและ

นวัตกรรม, 2568) ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Krejcie และ Morgan (1970) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ .05 ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำประมาณ 370 คน อย่างไรก็ตาม เพื่อชดเชยกรณีแบบสอบถามไม่สมบูรณ์ ลดความคลาดเคลื่อนจากการเก็บรวบรวมข้อมูล และเพิ่มความเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 400 คน การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multistage sampling) โดยมีมหาวิทยาลัยเอกชนเป็นหน่วยสุ่มขั้นต้น และบุคลากรสายวิชาการเป็นหน่วยสุ่มขั้นสุดท้าย ดำเนินการตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จำแนกมหาวิทยาลัยเอกชนในประเทศไทยตามภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างครอบคลุมความแตกต่างของบริบทการบริหารมหาวิทยาลัยเอกชนในแต่ละภูมิภาค

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มเลือกมหาวิทยาลัยเอกชนจากแต่ละภูมิภาคด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ได้มหาวิทยาลัยที่เป็นหน่วยตัวอย่างจำนวน 7 แห่ง ประกอบด้วยมหาวิทยาลัยในภาคเหนือ 2 แห่ง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 แห่ง ภาคกลาง 2 แห่ง และภาคใต้ 1 แห่ง

ขั้นตอนที่ 3 จัดทำกรอบการสุ่มจากบัญชีรายชื่อบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเอกชนทั้ง 7 แห่งที่ได้รับการคัดเลือก ซึ่งมีประชากรที่เข้าถึงได้รวม 3,573 คน

ขั้นตอนที่ 4 จัดสรรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คนตามสัดส่วนของจำนวนบุคลากรสายวิชาการในแต่ละมหาวิทยาลัย (proportionate allocation) เพื่อให้มหาวิทยาลัยที่มีจำนวนบุคลากรแตกต่างกันได้รับการจัดสรรกลุ่มตัวอย่างอย่างเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 สุ่มเลือกบุคลากรสายวิชาการภายในแต่ละมหาวิทยาลัยด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายตามจำนวนที่ได้รับการจัดสรร จนครบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ทั้งนี้ การนำเสนอข้อมูลใช้รหัสมหาวิทยาลัย A–G แทนชื่อมหาวิทยาลัยจริง เพื่อรักษาความลับของสถาบันและผู้ให้ข้อมูลตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อรักษาความลับของสถาบันที่ให้ข้อมูลและป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อภาพลักษณ์ขององค์กรอันเนื่องมาจากผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินภาวะผู้นำของผู้บริหารมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ การปกปิดชื่อหน่วยงานยังเป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งมุ่งคุ้มครองสิทธิ ความเป็นส่วนตัว และผลประโยชน์ของหน่วยงานและผู้ให้ข้อมูล โดยการนำเสนอผลการวิจัยจะรายงานในลักษณะภาพรวมและใช้รหัสแทนชื่อมหาวิทยาลัยเท่านั้น ทั้งนี้ การปกปิดชื่อดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือ และการตีความผลการวิจัย เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการบนพื้นฐานของหลักวิชาการและกระบวนการทางสถิติที่เป็นมาตรฐานแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ภูมิภาค	มหาวิทยาลัยเอกชนที่สุ่มเลือก	จำนวนบุคลากรสายวิชาการ (N)	กลุ่มตัวอย่าง (n)
ภาคเหนือ	มหาวิทยาลัย A	522	58
ภาคเหนือ	มหาวิทยาลัย B	431	48
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	มหาวิทยาลัย C	614	69
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	มหาวิทยาลัย D	472	53
ภาคกลาง	มหาวิทยาลัย E	781	87
ภาคกลาง	มหาวิทยาลัย F	422	47
ภาคใต้	มหาวิทยาลัย G	331	38
รวม	**7 แห่ง**	**3,573**	**400**

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ตอนที่ 2 วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ จำนวน 16 ข้อ

ตอนที่ 3 สมรรถนะดิจิทัล จำนวน 16 ข้อ

ตอนที่ 4 วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม จำนวน 16 ข้อ

ตอนที่ 5 การบริหารแบบมีส่วนร่วม จำนวน 16 ข้อ

ตอนที่ 6 ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง จำนวน 20 ข้อ

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Five-Point Likert Scale) ตามแนวคิดของ Likert (1932) โดยกำหนดระดับความคิดเห็นและคะแนน ดังนี้ ระดับมากที่สุด เท่ากับ 5 คะแนน ระดับมาก เท่ากับ 4 คะแนน ระดับปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน ระดับน้อย เท่ากับ 2 คะแนน และระดับน้อยที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน

3.5 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา เพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร จากนั้นจึงสร้างข้อคำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย รวมทั้งองค์ประกอบของตัวแปรแต่ละด้านอย่างครบถ้วน

ภายหลังการพัฒนาแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการบริหารการศึกษา การบริหารองค์กร และการวิจัย เพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรง

เชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของข้อคำถาม โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of Item Objective Congruence: IOC) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.50 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามทุกข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้

หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ก่อนนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับบุคลากรสายวิชาการที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) (Cronbach, 1970) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.76 (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง มีความสม่ำเสมอภายในที่ดี และมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยต่อไป

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยจัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถาบันการศึกษาต้นสังกัด เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการประสานงานกับมหาวิทยาลัยเอกชนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2) ผู้วิจัยประสานงานกับผู้บริหารหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยเอกชนที่ได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ รายละเอียด และแนวทางการดำเนินการวิจัย รวมทั้งขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3) ผู้วิจัยดำเนินการแจกแบบสอบถามให้แก่บุคลากรสายวิชาการที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน โดยใช้ทั้งรูปแบบออนไลน์ (Online Questionnaire) และแบบสอบถามฉบับเอกสาร (Paper-Based Questionnaire) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างและอัตราการตอบกลับของแบบสอบถาม

4) ผู้วิจัยติดตามการตอบกลับแบบสอบถามอย่างต่อเนื่อง และกำหนดระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เป็นไปตามแผนการวิจัยที่กำหนดไว้

5) เมื่อได้รับแบบสอบถามคืน ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความสมบูรณ์ ความถูกต้อง และความครบถ้วนของข้อมูลในแต่ละฉบับ พร้อมทั้งคัดแยกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์หรือมีข้อมูลไม่ครบถ้วนออกจากการวิเคราะห์

6) ผู้วิจัยดำเนินการเข้ารหัสข้อมูล (Coding) และบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย

7) ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของการบันทึกข้อมูลอีกครั้งก่อนดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้ผู้ตอบแบบสอบถามทราบล่วงหน้าในแบบสอบถาม ขอความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย เปิดโอกาสให้ผู้ตอบสามารถปฏิเสธหรือยุติการเข้าร่วมการวิจัยได้ทุกเมื่อ และรักษาความลับของข้อมูลส่วนบุคคล โดยนำเสนอผลการวิจัยในลักษณะภาพรวมเท่านั้น

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามด้วยค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) วิเคราะห์ระดับวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) แบบ Enter Method และสร้างสมการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงในรูปคะแนนดิบและคะแนนมาตรฐาน พร้อมทดสอบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.8 เกณฑ์การแปลผล

1) การแปลผลค่าเฉลี่ยของความคิดเห็น ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายโดยอาศัยช่วงคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง อยู่ในระดับน้อยที่สุด (Likert, 1932)

2) เกณฑ์การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) ผู้วิจัยอาศัยแนวทางของ Cohen (1988) ในการพิจารณาระดับความสัมพันธ์ ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	ระดับความสัมพันธ์
0.00 – 0.19	ต่ำมาก
0.20 – 0.39	ต่ำ
0.40 – 0.59	ปานกลาง
0.60 – 0.79	สูง
0.80 – 1.00	สูงมาก

ทั้งนี้ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก (+) แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าเป็นลบ (-) แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

3) เกณฑ์การแปลผล ค่า R^2 ของการถดถอยพหุคูณ (Hair et al., 2019) แปลผลดังนี้

$R^2 < .25$ = อำนาจการพยากรณ์ระดับต่ำ

$R^2 = .25–.49$ = อำนาจการพยากรณ์ระดับปานกลาง

$R^2 \geq .50$ = อำนาจการพยากรณ์ระดับสูง

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามดำเนินการโดยใช้ค่าความถี่และค่าร้อยละ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้จากบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเอกชน 7 แห่ง จำนวนทั้งสิ้น 400 คน เมื่อจำแนกตามภูมิภาคและมหาวิทยาลัยที่เป็นหน่วยตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามภูมิภาคและมหาวิทยาลัย

ภูมิภาค	มหาวิทยาลัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ภาคเหนือ	มหาวิทยาลัย A	58	14.50
	มหาวิทยาลัย B	48	12.00
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	มหาวิทยาลัย C	69	17.25
	มหาวิทยาลัย D	53	13.25
ภาคกลาง	มหาวิทยาลัย E	87	21.75
	มหาวิทยาลัย F	47	11.75
ภาคใต้	มหาวิทยาลัย G	38	9.50
รวม	**7 แห่ง**	**400**	**100.00**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งสิ้น 400 คน สังกัดมหาวิทยาลัย E มากที่สุด จำนวน 87 คน คิดเป็นร้อยละ 21.75 รองลงมา ได้แก่ มหาวิทยาลัย C จำนวน 69 คน คิดเป็นร้อยละ 17.25 มหาวิทยาลัย A จำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 14.50 มหาวิทยาลัย D จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 13.25 มหาวิทยาลัย B จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 มหาวิทยาลัย F จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 11.75 และมหาวิทยาลัย G จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 9.50 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาตามภูมิภาค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจากภาคกลางมีจำนวนมากที่สุด 134 คน คิดเป็นร้อยละ 33.50 รองลงมา ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 30.50 ภาคเหนือ จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 26.50 และภาคใต้ จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 9.50

การกระจายตัวดังกล่าวเป็นไปตามการจัดสรรกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของบุคลากรสายวิชาการในมหาวิทยาลัยเอกชนแต่ละแห่ง

4.2 ผลการวิเคราะห์ระดับวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

ตัวแปร	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์	4.27	0.51	มาก
สมรรถนะดิจิทัล	4.18	0.56	มาก
วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม	4.22	0.53	มาก
การบริหารแบบมีส่วนร่วม	4.31	0.49	มาก
ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง	4.35	0.47	มาก
รวม	**4.27**	**0.51**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.47) รองลงมา ได้แก่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม ($\bar{x}$ = 4.31, S.D. = 0.49) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.51) วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม ($\bar{x}$ = 4.22, S.D. = 0.53) และสมรรถนะดิจิทัล ($\bar{x}$ = 4.18, S.D. = 0.56) ตามลำดับ

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม กับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม กับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

ตัวแปร	Y
วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (X1)	.721**
สมรรถนะดิจิทัล (X2)	.683**
วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม (X3)	.754**
การบริหารแบบมีส่วนร่วม (X4)	.791**

**p < .01

จากตารางที่ 3 พบว่า วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม มีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์สูงสุด (r = .791) รองลงมา ได้แก่ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม (r = .754) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (r = .721) และสมรรถนะดิจิทัล (r = .683)

4.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

ตัวแปร	B	S.E.	Beta	t	Sig.
ค่าคงที่	0.521	0.183	-	2.847	.005**
วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ **(X1)**	0.218	0.041	.261	5.317	.001***
สมรรถนะดิจิทัล **(X2)**	0.163	0.038	.194	4.289	.001***
วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม **(X3)**	0.247	0.044	.289	5.614	.001***
การบริหารแบบมีส่วนร่วม **(X4)**	0.286	0.047	.331	6.085	.001***
$R = .842$ $R^2 = .709$, Adjusted $R^2 = .706$, $F = 240.613$***, Sig. = .000					

** p < .01 *** p < .001

จากตารางที่ 4 พบว่า วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม ร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนได้ร้อยละ 70.90 ($R^2 = .709$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ($F = 240.613$, Sig. = .000) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (Beta) พบว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วม ($\beta = .331$) มีอิทธิพลสูงสุด รองลงมา ได้แก่ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม ($\beta = .289$) วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ ($\beta = .261$) และสมรรถนะดิจิทัล ($\beta = .194$) ตามลำดับ

4.5 สมการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ

$\hat{Y} = 0.521 + 0.218(X1) + 0.163(X2) + 0.247(X3) + 0.286(X4)$

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

$\hat{ZY} = 0.261(ZX1) + 0.194(ZX2) + 0.289(ZX3) + 0.331(ZX4)$

จากสมการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน พบว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วม วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ และสมรรถนะดิจิทัล เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยตัวแปรทั้ง 4 สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละ 70.90 (R^2 = .709)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta Coefficient) พบว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วม (β = .331) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง รองลงมา คือ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม (β = .289) สำหรับวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (β = .261) พบว่ามีอิทธิพลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงในระดับสูงเช่นกัน ขณะที่สมรรถนะดิจิทัล (β = .194) แม้จะมีอิทธิพลน้อยกว่าตัวแปรอื่น แต่ยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม การบริหารแบบมีส่วนร่วม และภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา ได้แก่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และสมรรถนะดิจิทัล ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม มีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์สูงสุด รองลงมา ได้แก่ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ และสมรรถนะดิจิทัล

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรทั้ง 4 ด้าน สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละ 70.90 (R^2 = .709) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยการบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุด รองลงมา ได้แก่ วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ และสมรรถนะดิจิทัล ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าผู้บริหารมีความสามารถในการสร้างแรงบันดาลใจ ถ่ายทอดวิสัยทัศน์ ส่งเสริมการคิดเชิงนวัตกรรม และสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดของ Burns (1978) ที่อธิบายว่าภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงเป็นกระบวนการที่ผู้นำยกระดับแรงจูงใจ ค่านิยม และเป้าหมายร่วมของผู้ตาม และสอดคล้องกับ Bass และ Riggio (2006) ที่เสนอองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ การมีอิทธิพลอย่างมีอุดมการณ์ การสร้างแรงบันดาลใจ การกระตุ้นทางปัญญา และการคำนึงถึงความเป็นปัจเจกบุคคล ทั้งนี้ ผลดังกล่าวสะท้อนว่าผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนจำเป็นต้องทำหน้าที่มากกว่าการบริหารงานประจำ แต่ต้องเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงที่สามารถสร้างความเชื่อมั่นและขับเคลื่อนองค์กรให้ปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมทางการศึกษาในยุคดิจิทัลได้

ผลการวิจัยยังพบว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเปิดโอกาสให้บุคลากรสายวิชาการมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบาย วางแผน และตัดสินใจ ช่วยสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าขององค์กร เพิ่มความไว้วางใจ และทำให้บุคลากรยอมรับทิศทางการเปลี่ยนแปลงได้มากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Northouse (2022) ที่ชี้ว่าผู้นำที่มีประสิทธิผลควรสร้างความสัมพันธ์เชิงบวกกับผู้ตาม และส่งเสริมการมีส่วนร่วมเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leithwood, Harris, and Hopkins (2020) ที่พบว่าภาวะผู้นำทางการศึกษาที่ประสบความสำเร็จต้องอาศัยการสร้างเงื่อนไขขององค์กร การกระจายภาวะผู้นำ และการส่งเสริมความร่วมมือของบุคลากร

ด้านวัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม พบว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลรองลงมาต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลง สะท้อนว่ามหาวิทยาลัยเอกชนที่สนับสนุนการคิดสร้างสรรค์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการทดลองแนวทางใหม่ จะเอื้อต่อการเกิดพฤติกรรมผู้นำที่มุ่งเปลี่ยนแปลงองค์กร สอดคล้องกับแนวคิดของ Bass และ Riggio (2006) ที่อธิบายว่าผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงช่วยกระตุ้นทางปัญญาและส่งเสริมให้บุคลากรแสวงหาวิธีการใหม่ในการแก้ปัญหา

ด้านวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ พบว่ามีอิทธิพลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าผู้บริหารที่สามารถกำหนดทิศทางองค์กร วิเคราะห์สภาพแวดล้อม และสื่อสารเป้าหมายในอนาคตได้ชัดเจน จะช่วยให้บุคลากรเข้าใจทิศทางร่วมกันและพร้อมปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับแนวคิดของ Bass และ Riggio (2006) ที่เน้นว่าผู้นำต้องสามารถสร้างวิสัยทัศน์และแรงจูงใจให้ผู้ตามก้าวข้ามผลประโยชน์ส่วนตนเพื่อเป้าหมายขององค์กร รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประภาพรรณ รักเลี้ยง (2564) ที่พบว่าปัจจัยด้านการบริหารและภาวะผู้นำมีผลต่อความสำเร็จของสถาบันอุดมศึกษาเอกชน

สำหรับสมรรถนะดิจิทัล แม้มีอิทธิพลน้อยกว่าปัจจัยอื่น แต่ยังส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนจำเป็นต้องมีความสามารถในการใช้

เทคโนโลยีดิจิทัล การบริหารข้อมูลสารสนเทศ และการขับเคลื่อนการเปลี่ยนผ่านดิจิทัล เพื่อรองรับการจัดการเรียนการสอน การวิจัย และการบริหารองค์กรในบริบทใหม่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hallinger and Kulophas (2020) ที่ชี้ว่าภาวะผู้นำทางการศึกษามีบทบาทต่อการเรียนรู้ของครูและการพัฒนาองค์กรผ่านกลไกภายในสถานศึกษา และสอดคล้องกับแนวโน้มการบริหารอุดมศึกษาในยุคดิจิทัลที่ผู้บริหารต้องใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพและสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนควรมุ่งเน้น 4 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การบริหารแบบมีส่วนร่วม วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม วิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ และสมรรถนะดิจิทัล โดยเฉพาะการบริหารแบบมีส่วนร่วมควรถูกใช้เป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลง เพราะช่วยสร้างความร่วมมือ ความผูกพัน และการยอมรับนโยบายของบุคลากร มหาวิทยาลัยเอกชนสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการออกแบบหลักสูตรพัฒนาผู้บริหาร การวางแผนกลยุทธ์องค์กร การสร้างวัฒนธรรมนวัตกรรม และการยกระดับสมรรถนะดิจิทัล เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนของสถาบันอุดมศึกษาเอกชนไทย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 มหาวิทยาลัยเอกชนควรให้ความสำคัญกับการบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีน้ำหนักในการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุด (β = .331) โดยควรจัดให้มีกลไกที่เปิดโอกาสให้บุคลากรสายวิชาการมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบาย จัดทำแผนยุทธศาสตร์ ตัดสินใจในประเด็นสำคัญ และติดตามประเมินผลการดำเนินงาน เช่น คณะกรรมการร่วม เวทีรับฟังความคิดเห็น ระบบเสนอข้อคิดเห็นออนไลน์ และการกระจายอำนาจการตัดสินใจไปยังคณะหรือหน่วยงาน ทั้งนี้ ผู้บริหารควรนำข้อเสนอของบุคลากรไปใช้และแจ้งผลการพิจารณาอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและความรู้สึกเป็นเจ้าขององค์กร

1.2 มหาวิทยาลัยเอกชนควรพัฒนาวัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีน้ำหนักในการพยากรณ์เป็นลำดับที่สอง (β = .289) โดยสร้างสภาพแวดล้อมที่เปิดกว้างต่อความคิดใหม่ สนับสนุนการทดลอง และยอมรับความผิดพลาดที่เกิดจากการพัฒนางาน ควรจัดสรรงบประมาณสำหรับโครงการนวัตกรรม ส่งเสริมชุมชนแห่งการเรียนรู้และการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างคณะ รวมทั้งกำหนดระบบการยกย่องหรือให้รางวัลแก่บุคลากรที่พัฒนานวัตกรรมด้านการเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการ และการบริหารจัดการ

1.3 ผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชนควรได้รับการพัฒนาความสามารถด้านวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีน้ำหนักในการพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (β = .261) โดยควรส่งเสริมทักษะการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม การคาดการณ์แนวโน้มอุดมศึกษา การวางแผนสถานการณ์ และการกำหนดทิศทางระยะยาวของมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ ผู้บริหารควรถ่ายทอดวิสัยทัศน์ให้บุคลากรเข้าใจ

ตรงกัน และเชื่อมโยงวิสัยทัศน์กับแผนปฏิบัติการ ตัวชี้วัด งบประมาณ และความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานอย่างชัดเจน

1.4 มหาวิทยาลัยเอกชนควรยกระดับสมรรถนะดิจิทัลของผู้บริหารอย่างต่อเนื่อง แม้สมรรถนะดิจิทัลจะมีน้ำหนักในการพยากรณ์ต่ำกว่าตัวแปรด้านอื่น แต่ยังสามารถพยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ (β = .194) การพัฒนาควรครอบคลุมการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ การบริหารระบบสารสนเทศ การใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างรับผิดชอบ ความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกันผ่านระบบดิจิทัล ตลอดจนการกำกับดูแลการเปลี่ยนผ่านสู่มหาวิทยาลัยดิจิทัล

1.5 มหาวิทยาลัยเอกชนควรบูรณาการปัจจัยทั้งสี่ด้านไว้ในระบบพัฒนาผู้บริหาร เนื่องจากวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ สมรรถนะดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรม และการบริหารแบบมีส่วนร่วม สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละ 70.90 (R^2 = .709) จึงควรนำผลการวิจัยไปใช้กำหนดกรอบสมรรถนะผู้บริหาร หลักเกณฑ์การสรรหาและประเมินผล ตลอดจนหลักสูตรพัฒนาผู้บริหาร โดยกำหนดตัวชี้วัดและติดตามผลการพัฒนาเป็นระยะ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจสามารถอธิบายภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม เนื่องจากตัวแปรทั้งสี่ในการวิจัยครั้งนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 70.90 ขณะที่ยังมีความแปรปรวนอีกร้อยละ 29.10 ที่อาจเกิดจากปัจจัยอื่น เช่น ความไว้วางใจในองค์กร ความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลง ความคล่องตัวขององค์กร ธรรมาภิบาล การสนับสนุนจากสภามหาวิทยาลัย และความผูกพันต่อองค์กร

2.2 ควรขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมมหาวิทยาลัยเอกชนจำนวนมากขึ้น และจำแนกตามขนาด ภูมิภาค อายุของสถาบัน และลักษณะการจัดการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบว่าปัจจัยที่พยากรณ์ภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันตามบริบทของมหาวิทยาลัยหรือไม่ รวมทั้งอาจเปรียบเทียบระหว่างมหาวิทยาลัยเอกชนกับมหาวิทยาลัยของรัฐ

2.3 ควรเก็บข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม ได้แก่ ผู้บริหาร บุคลากรสายวิชาการ บุคลากรสายสนับสนุน และผู้แทนนักศึกษา เพื่อลดข้อจำกัดจากการใช้ข้อมูลจากแหล่งเดียว และทำให้การประเมินพฤติกรรมภาวะผู้นำมีความครอบคลุมมากขึ้น

2.4 ควรใช้การวิจัยเชิงคุณภาพหรือการวิจัยแบบผสมผสาน โดยสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารและบุคลากร เพื่ออธิบายกลไกที่ทำให้การบริหารแบบมีส่วนร่วมและวัฒนธรรมองค์กรแห่งนวัตกรรมมีความสัมพันธ์กับภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงในระดับสูง

2.5 ควรใช้การวิจัยตามช่วงเวลา การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง หรือการวิเคราะห์พหุระดับในการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางตรง ความสัมพันธ์ทางอ้อม และความแตกต่างระหว่างระดับบุคคลกับระดับมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจแบบภาคตัดขวาง จึงสามารถสรุปได้

เฉพาะความสัมพันธ์และความสามารถในการพยากรณ์ทางสถิติ แต่ยังไม่สามารถยืนยันความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้อย่างสมบูรณ์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะผู้นำเพื่อการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเอกชน ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยพิษณุโลก ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 จำนวน 50,000 บาท ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพิษณุโลก ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณและส่งเสริมการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัย ตลอดจนผู้บริหารและบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเอกชนทุกแห่งที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการบริหารการอุดมศึกษาและการพัฒนาภาวะผู้นำของผู้บริหารสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทยต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

ประภาพรรณ รักเลี้ยง. (2564). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการบริหารงานให้เกิดความสำเร็จของสถาบันอุดมศึกษาเอกชน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์, 10*(2), 335–343. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jssr/article/view/253144

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2566). *ปีการศึกษาเฉลี่ยของประชากรไทย พ.ศ. 2565*. https://backoffice.onec.go.th/uploads/Book/2025-file.pdf

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2568). *ข้อมูลสถิติบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษา ปีการศึกษา 2567* [ชุดข้อมูล]. ระบบเผยแพร่สารสนเทศอุดมศึกษา. https://info.mhesi.go.th/homestat_stf.php

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2567, 11 กรกฎาคม). *11 กรกฎาคม วันประชากรโลก 2567*. https://www.nso.go.th/public/e-book/NSOLetsRead/population.html

สุรินทร์ คำฝอย. (2568, 27 กุมภาพันธ์). *บทบาทสถาบันอุดมศึกษาเอกชนต่อการจัดการศึกษาในอนาคตของประเทศไทย* [เอกสารประกอบการบรรยาย]. การประชุมคณะกรรมการวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. https://apheit.org/wp-content/uploads/2025/03/PPT_015.pdf

Antonopoulou, H., Halkiopoulos, C., Barlou, O., & Beligiannis, G. N. (2021). Transformational leadership and digital skills in higher education institutes: During the COVID-19 pandemic. *Emerging Science Journal, 5*(1), 1–15. https://doi.org/10.28991/esj-2021-01252

Al-Husseini, S., & Elbeltagi, I. (2016). Transformational leadership and innovation: A comparison study between Iraq's public and private higher education. *Studies in Higher Education, 41*(1), 159–181. https://doi.org/10.1080/03075079.2014.927848

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice Hall.

Bass, B. M. (1985). *Leadership and performance beyond expectations*. Free Press.

Bass, B. M., & Riggio, R. E. (2006). *Transformational leadership* (2nd ed.). Psychology Press. https://doi.org/10.4324/9781410617095

Berson, Y., Shamir, B., Avolio, B. J., & Popper, M. (2001). The relationship between vision strength, leadership style, and context. *The Leadership Quarterly, 12*(1), 53–73. https://doi.org/10.1016/S1048-9843(01)00064-9

Burns, J. M. (1978). *Leadership*. Harper & Row.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of psychological testing* (3rd ed.). Harper & Row.

Ersoy, A., & Penpece Demırer, D. (2026). Assessing the digital competencies and transformational leadership of school administrators: The case of Adana. *Frontiers in Education, 10*, Article 1750909. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1750909

Ghamrawi, N., & Tamim, R. M. (2023). A typology for digital leadership in higher education: The case of a large-scale mobile technology initiative (using tablets). *Education and Information Technologies, 28*, 7089–7110. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11483-w

Habeeb, Y. O., & Eyupoglu, S. Z. (2024). Strategic planning, transformational leadership and organization performance: Driving forces for sustainability in higher education in Nigeria. *Sustainability, 16*(11), Article 4348. https://doi.org/10.3390/su16114348

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage.

Hallinger, P., & Kulophas, D. (2020). The evolving knowledge base on leadership and teacher professional learning: A bibliometric analysis of the literature, 1960–2018. *Professional Development in Education, 46*(4), 521–540. https://doi.org/10.1080/19415257.2019.1623287

Harahap, D. A., Amanah, D., Gunarto, M., & Purwanto, P. (2023). The importance factors that students consider in choosing a university. *Migration Letters, 20*(S1), 341–356. https://migrationletters.com/index.php/ml/article/download/3586/2351/11372

Ireland, R. D., & Hitt, M. A. (1999). Achieving and maintaining strategic competitiveness in the 21st century: The role of strategic leadership. *Academy of Management Executive, 13*(1), 43–57. https://doi.org/10.5465/ame.1999.1567311

Kantabutra, S., & Avery, G. C. (2010). The power of vision: Statements that resonate. *Journal of Business Strategy, 31*(1), 37–45. https://doi.org/10.1108/02756661011012769

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*(3), 607–610. https://doi.org/10.1177/001316447003000308

Leithwood, K., Harris, A., & Hopkins, D. (2020). Seven strong claims about successful school leadership revisited. *School Leadership & Management, 40*(1), 5–22. https://doi.org/10.1080/13632434.2019.1596077

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 22*(140), 1–55. https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf

Likert, R. (1961). *New patterns of management*. McGraw-Hill.

Martins, E. C., & Terblanche, F. (2003). Building organisational culture that stimulates creativity and innovation. *European Journal of Innovation Management, 6*(1), 64–74. https://doi.org/10.1108/14601060310456337

Northouse, P. G. (2022). *Leadership: Theory and practice* (9th ed.). SAGE Publications.

Quinn, R. E., & Rohrbaugh, J. (1983). A spatial model of effectiveness criteria: Towards a competing values approach to organizational analysis. *Management Science, 29*(3), 363–377. https://doi.org/10.1287/mnsc.29.3.363

Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.

Scott, T., & Guan, W. (2024). Influences on student outcomes at small Thai private universities. *SAGE Open, 14*(4). https://doi.org/10.1177/21582440241301488

Suryadi, Muslim, A. Q., & Setyono, L. (2024). Exploring the nexus of digital leadership and digital literacy on higher education performance: The role of digital innovation. *European Journal of Educational Research, 13*(1), 207–218. https://doi.org/10.12973/eu-jer.13.1.207

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal, 18*(7), 509–533. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens—With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/115376

Wang, G., Oh, I.-S., Courtright, S. H., & Colbert, A. E. (2011). Transformational leadership and performance across criteria and levels: A meta-analytic review of 25 years of research. *Group & Organization Management, 36*(2), 223–270. https://doi.org/10.1177/1059601111401017

Wang, Q., Hou, H., & Li, Z. (2022). Participative leadership: A literature review and prospects for future research. *Frontiers in Psychology, 13*, Article 924357. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.924357

Xenikou, A., & Simosi, M. (2006). Organizational culture and transformational leadership as predictors of business unit performance. *Journal of Managerial Psychology, 21*(6), 566–579. https://doi.org/10.1108/02683940610684409

Zulfqar, A., Valcke, M., Devos, G., Tuytens, M., & Shahzad, A. H. (2016). Leadership and decision-making practices in public versus private universities in Pakistan. *Asia Pacific Education Review, 17*(1), 147–159. https://doi.org/10.1007/s12564-016-9414-0

Zulfqar, A., Valcke, M., Hussain, B., & Devos, G. (2022). Analyzing the relationship between transformational leadership and participative decision making with related outcomes at Pakistani higher education. *Journal of Education and Social Studies, 3*(3), 300–310. https://doi.org/10.52223/jess.20223312



การสังเกตของนักศึกษาครูต่อแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ระดับประถมศึกษาปีที่ 2 ในชั้นเรียนที่ใช้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด

อนันตญา กองแก้ว*, จิตรลดา ใจกล้า

สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

*ผู้ประสานงานหลัก: anantaya_kong@kkumail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสังเกตของนักศึกษาครูต่อแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ภายใต้ชั้นเรียนที่ใช้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด (Transformative Lesson Study incorporating Open Approach: TLSOA) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาครูชั้นปีที่ 3 จำนวน 2 คน ซึ่งได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่าน TLSOA เป็นเวลา 3 ปี เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน และแบบบันทึกการสะท้อนผลร่วมกัน วิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (Co-Plan) การสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do) และการสะท้อนผลร่วมกัน (Co-See)

ผลการวิจัยพบว่า ในขั้น Co-Plan ด้วยการทำ Kyozai Kenkyu ช่วยให้กลุ่มเป้าหมายกำหนดจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ ออกแบบสถานการณ์ปัญหา สามารถคาดการณ์แนวคิดของนักเรียนและกำหนดประเด็นการสังเกต ในขั้น Co-Do กลุ่มเป้าหมายสามารถบันทึกแนวคิดของนักเรียนได้ครอบคลุม 4 ประเด็น ได้แก่ การตีความปัญหา แนวคิดในการแก้ปัญหา ความยุ่งยากในการแก้ปัญหา และแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ โดยสามารถเชื่อมโยงพฤติกรรมและกระบวนการคิดของนักเรียนกับหลักฐานที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และในขั้น Co-See กลุ่มเป้าหมายสามารถนำข้อมูลจากการสังเกตมาสะท้อนผลร่วมกัน เพื่อใช้แลกเปลี่ยนมุมมองและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในคาบถัดไป ผลการวิจัยสะท้อนว่า TLSOA มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการสังเกตของนักศึกษาครูในการสังเกตและทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาวิชาชีพครูในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ การสังเกตแนวคิดของนักเรียน, นักศึกษาครู, นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด

Pre-service Teachers' Observations of Students' Ideas on Triangles and Quadrilaterals in Grade 2 Classrooms Implementing Transformative Lesson Study Incorporating Open Approach

Anantaya Kongkaew* and Jitlada Jaikla

Department of Mathematics Education, Faculty of Education, Khon Kaen University, 40002

*Corresponding author: anantaya_kong@kkumail.com

Abstract

This study aimed to investigate pre-service teachers' observations of students' ideas on triangles and quadrilaterals in Grade 2 classrooms implementing Transformative Lesson Study incorporating Open Approach (TLSOA). A qualitative research methodology was employed. The participants were two third-year pre-service teachers who had continuously participated in TLSOA for three years. The research instruments consisted of lesson plans, student idea observation records, and collaborative reflection records. Data were analyzed through Co-Plan, Co-Do, and Co-See.

The findings revealed that during Co-Plan, Kyozai Kenkyu enabled the participants to determine the lesson objectives, design problem situations, anticipate students' ideas, and identify observation focuses. During Co-Do, the participants documented students' ideas in four aspects: problem interpretation, problem-solving ideas, difficulties encountered during problem solving, and unanticipated ideas. They also related students' behaviors and thinking processes to classroom evidence. During Co-See, the participants used the observation records for collaborative reflection to exchange perspectives and improve subsequent lessons. The findings indicate that TLSOA plays an important role in developing pre-service teachers' ability to systematically observe and understand students' ideas, providing an essential foundation for their future professional development.

Keywords: Observation of Students' Ideas; Pre-service Teachers; Transformative Lesson Study Incorporating Open Approach (TLSOA)

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด (Transformative Lesson Study incorporating Open Approach: TLSOA) เป็นรูปแบบการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่ต่อยอดจากการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) ของประเทศญี่ปุ่น โดยมุ่งเน้นการพัฒนาวิชาชีพครูอย่างต่อเนื่อง (Inprasitha, 2022) โมเดล TLSOA นำเสนอการเปิดชั้นเรียนในฐานะส่วนหนึ่งของชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) ซึ่งประกอบด้วยวงจรการเรียนรู้หลายระดับ และดำเนินงานร่วมกันตามขั้นตอนของการศึกษาชั้นเรียน โดยทีมศึกษาชั้นเรียนประกอบด้วยนักศึกษาครู ครูประจำการ ผู้อำนวยการโรงเรียน ศึกษานิเทศก์ นักวิจัย และผู้เชี่ยวชาญ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2567) แสดงให้เห็นว่านักศึกษาครูเป็นสมาชิกสำคัญของทีมศึกษาชั้นเรียนตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการพัฒนาวิชาชีพครู นอกจากนี้ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2569) ยังเสนอแนวคิด TLSOA Continuous Innovation Cycle ซึ่งอธิบายเส้นทางการพัฒนาวิชาชีพครูอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่นักศึกษาครู ครูบรรจุใหม่ จนถึงครูประจำการ โดยนักศึกษาครูเป็นจุดเริ่มต้นของระบบการพัฒนาวิชาชีพดังกล่าว

การสังเกตแนวคิดของนักเรียนเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ แต่การสังเกตที่มีคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาอย่างเป็นระบบ (วีระศักดิ์ แก่นอ้วน, 2568) ภายใต้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด การสังเกตแนวคิดของนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญของขั้นตอนที่ 2 (Co-Do) ของการศึกษาชั้นเรียน โดยครูผู้สอนที่เป็นสมาชิกในทีมการศึกษาชั้นเรียนทำหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขณะที่สมาชิกคนอื่นทำหน้าที่สังเกตแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้น ซึ่งจุดเน้นของการสังเกตอยู่ที่แนวคิดและกระบวนการคิดของนักเรียนในการแก้ปัญหา มากกว่าการประเมินการสอนของครู (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565) ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะถูกนำไปใช้ในการสะท้อนผลและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรอบถัดไป เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาเครื่องมือในการเรียนรู้ (How to Learn)

เรขาคณิตเป็นสาระสำคัญของคณิตศาสตร์ที่เด็กสามารถเริ่มสร้างความเข้าใจได้ตั้งแต่ระดับปฐมวัยผ่านการลงมือปฏิบัติและการสังเกตสิ่งรอบตัว (French, 2004) โดยเฉพาะรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้เรขาคณิตในระดับที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม นักเรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาในการจำแนกรูปเรขาคณิตที่มีลักษณะแตกต่างจากภาพต้นแบบ ตัวอย่างเช่น การมองว่าสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่หมุนแล้วไม่ใช่สี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่เป็นรูปเพชร (Clements, Sarama, Swaminathan, Weber, & Trawick-Smith, 2018) สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้เรขาคณิตควรมุ่งพัฒนาให้นักเรียนเข้าใจคุณสมบัติของรูป มากกว่าการจดจำลักษณะภายนอกเพียงอย่างเดียว ภายใต้ TLSOA การทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวเป็นบทบาทสำคัญของครูผู้สอนและทีมการศึกษาชั้นเรียน ต้องอาศัยการวางแผนร่วมกันก่อนจัดการเรียนรู้ เพื่อคาดการณ์แนวคิดของนักเรียนและกำหนดจุดเน้นในการสังเกต ดังนั้น ครูจึงต้องปรับบทบาทจากผู้

ถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้ศึกษาแนวคิดของนักเรียน ด้วยเหตุนี้ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2545) จึงได้ออกแบบการพัฒนานักศึกษาครูผ่านรายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตร เพื่อให้นักศึกษาครูมีความเข้าใจชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา โดยปีการศึกษา 2568 นักศึกษาครูคณิตศาสตร์ได้ผ่านรายวิชาของหลักสูตรเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 3 ปี ทำให้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการสังเกตของนักศึกษาครูต่อแนวคิดของนักเรียน เรื่องรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ก่อนนักศึกษาครูออกฝึกปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการสังเกตของนักศึกษาครูต่อแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด (Transformative Lesson Study incorporating Open Approach: TLSOA)

โดย Inprasitha (2022) ได้เสนอกระบวนการ Lesson Study ถูกออกแบบขึ้นโดยอิงแนวคิดของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้ปรับให้เข้ากับบริบทของโรงเรียนไทยอย่างเป็นระบบ มีการพัฒนาวิชาชีพครูผ่านการทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่อง โดยครูจะต้องสร้างทีม เพื่อร่วมกันเรียนรู้และแลกเปลี่ยนมุมมองในด้านต่าง ๆ จะมีชื่อเรียกว่า ทีมการศึกษาชั้นเรียน ซึ่งจะคอยขับเคลื่อนกระบวนการดังกล่าว แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ Co-Plan, Co-Do, Co-See และการบูรณาการวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนร่วมกัน (Co-Plan) คือ ทีมการศึกษาชั้นเรียนจะร่วมกันพูดคุยและอภิปราย เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เริ่มจากการคาดการณ์แนวคิดของนักเรียนล่วงหน้า และร่วมกันออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ประกอบด้วย บริบท (Context) และเงื่อนไข (Condition) ในรูปคำสั่ง ซึ่งจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาและใช้ความคิดของตนเอง พร้อมทั้งทีมการศึกษาชั้นเรียนจะต้องกำหนดตำแหน่งในการสังเกตแนวคิดของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do) คือ ครูหนึ่งในทีมการศึกษาชั้นเรียนจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ร่วมกันออกแบบไว้ โดยมีครูท่านอื่นๆ ในทีมการศึกษาชั้นเรียนเข้าร่วมสังเกตอย่างมีเป้าหมาย ซึ่งจุดเน้นสำคัญไม่ได้อยู่ที่การดูว่าครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ได้ดีหรือไม่ แต่เน้นการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในขั้นนี้มีการใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา 2) ขั้นตอนการลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง 3) การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) การสรุปแนวคิดโดยเชื่อมโยงความคิดของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสะท้อนผลร่วมกัน (Co-See) จะเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากจะเป็นการร่วมแลกเปลี่ยนมุมมองแผนการจัดการเรียนรู้ที่ร่วมกันออกแบบ เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมา

ใช้จริง แนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนเป็นอย่างไร เพื่อให้ทีมการศึกษาชั้นเรียนได้ร่วมกันทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนที่ตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหา และสามารถที่จะปรับหรือพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในคาบถัดไป

2.2 ทักษะการสังเกต (Observation Skill)

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2568) ได้เสนอการพัฒนาชุดทักษะที่จำเป็น (Skill Set) ที่หมุนเป็นวงจร เพื่อพัฒนานวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด และหนึ่งในนั้นประกอบด้วยทักษะการสังเกต (Observation Skills) โดยมุ่งเน้นให้ครูผู้สอนและทีมการศึกษาชั้นเรียนสามารถดักจับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนผ่านการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด ซึ่งในกรอบการพัฒนาทักษะการสังเกตอย่างเป็นระบบผ่าน 4 ประเด็น คือ 1) การตีความปัญหาของนักเรียน จะเป็นการบันทึกการตอบสนองด้วยพฤติกรรมภายนอกนักเรียนที่สามารถสังเกตได้ต่อคำสั่ง ได้แก่ คำพูด คำถาม และท่าทาง 2) แนวคิดในการแก้ปัญหา จะเป็นการบันทึกแนวคิดของนักเรียน ซึ่งจะแสดงถึงวิธีการที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา 3) นักเรียนเผชิญความยุ่งยากอะไรในการทำตามคำสั่ง และจัดการความยุ่งยากนั้นอย่างไร และ 4) นักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อะไรบ้าง เกิดขึ้นที่ตำแหน่งไหน

2.3 การสังเกตแนวคิดของนักเรียน (Teacher Noticing)

Van Es & Sherin (2002) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับคำว่า noticing หมายถึง กระบวนการที่ครูสามารถระบุสิ่งที่สำคัญในสถานการณ์การสอน วิเคราะห์ความหมาย และเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นเข้ากับหลักการสอนและการเรียนรู้ โดยเฉพาะในบริบทของการปฏิรูปการเรียนการสอนด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสังเกตแบบนี้มีความสำคัญในการตัดสินใจอย่างยืดหยุ่นในระหว่างการสอน และได้อธิบายเกี่ยวกับการ learning to notice ซึ่งครูจะต้องพัฒนาความสามารถใน 3 มิติหลักของการ noticing ได้แก่

1) การสังเกต (Noticing) เกี่ยวข้องกับ การระบุสิ่งที่สำคัญในสถานการณ์การสอน เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการตัดสินใจระหว่างการสอนในบริบทที่ซับซ้อน

2) การสังเกต (Noticing) เกี่ยวข้องกับ การเชื่อมโยงเหตุการณ์กับหลักการการเรียนรู้และการสอน

3) การสังเกต (Noticing) เกี่ยวข้องกับ การใช้ความรู้เกี่ยวกับบริบทในการใช้เหตุผลต่อสถานการณ์

Jacobs et al. (2010)) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ใช้อธิบายความสามารถเฉพาะทางของครูในการรับรู้ วิเคราะห์ และใช้ข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกตแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อวางแผน ตัดสินใจ และปรับเปลี่ยนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพในระหว่างการจัดการเรียนการสอนจริง แนวคิดนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาวิชาชีพครู เนื่องจากการสังเกตที่มีคุณภาพไม่ใช่เพียงการมองเห็นหรือจดจำสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียนเท่านั้น แต่ต้องเป็นการสังเกตอย่างตั้งใจ มีเป้าหมาย และนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับ

กระบวนการคิดของนักเรียน โดย Jacobs และคณะได้เสนอว่าการสังเกตเชิงวิชาชีพนี้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ได้แก่

1) การใส่ใจต่อกลยุทธ์ของนักเรียน (attending to children's strategies) หมายถึง การมองเห็นรายละเอียดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญในวิธีการคิดหรือการแก้ปัญหาของนักเรียน ได้แก่ วิธีนับ การใช้สัญลักษณ์ หรือการใช้เครื่องมือช่วยคิด

2) การตีความความเข้าใจของนักเรียน (interpreting children's understandings) เป็นกระบวนการที่ครูใช้ประสบการณ์ ความรู้ และงานวิจัยเพื่ออธิบายความเข้าใจของนักเรียนที่แสดงออกผ่านกลยุทธ์เหล่านั้น โดยไม่หยุดเพียงการประเมินผลงานว่าถูกหรือผิด

3) การตัดสินใจตอบสนองอย่างเหมาะสม (deciding how to respond) หมายถึง การเลือกกลยุทธ์การสอนหรือคำถามต่อยอดที่เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธพงศ์ ชนะพันธ์ (2563) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาการสังเกตชั้นเรียนของนักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษาโดยใช้ LessonNote ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการใช้ LessonNote นักศึกษายังขาดประสบการณ์ในการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ไม่สามารถเก็บรายละเอียดแนวคิดของนักเรียนได้ครอบคลุม และไม่สามารถจัดข้อมูลที่บันทึกในชั้นเรียนจริงได้อย่างมีระบบ ในขณะที่การใช้ LessonNote ช่วยให้นักศึกษาสามารถบันทึกและติดตามแนวคิดของนักเรียนทั้งในระดับรายบุคคลและกลุ่มได้อย่างมีระบบ

วีระศักดิ์ แก่นอ้วน (2568) ได้ทำการศึกษาเรื่อง แนวทางการฝึกสังเกตชั้นเรียนสำหรับนักศึกษาครูคณิตศาสตร์: กรณีศึกษาสาขาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการฝึกสังเกตชั้นเรียนประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) กิจกรรมก่อนการสังเกต ได้แก่ การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน การเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ และการออกแบบสื่อ 2) กิจกรรมระหว่างการสังเกต ซึ่งนักศึกษาครูมีบทบาททั้งในฐานะผู้สอนและผู้สังเกต โดยสังเกตพฤติกรรมการเขียน การวาดภาพ และคำพูดของนักเรียน เพื่อเข้าถึงแนวคิดของนักเรียน และ 3) กิจกรรมหลังการสังเกต ซึ่งจะเป็นการสะท้อนผลการเรียนรู้และอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ครั้งถัดไป

จากการทบทวนวรรณกรรมและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่อง การสังเกตแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยจึงพิจารณากรอบแนวคิดนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับกรอบการพัฒนาทักษะการสังเกต (Observation Skills) ของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2568) เป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยกรอบจะนำเสนอเป็นรูปภาพดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาครู (Pre-service Teachers: PST) ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2/2568 จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ใช้การคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งมีจำนวน 2 คน ภายใต้หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต นักศึกษากลุ่มนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่านนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด ตลอดระยะเวลา 3 ปี และผู้วิจัยเป็นส่วนหนึ่งทีมการศึกษาชั้นเรียนในรายวิชาของหลักสูตรที่กลุ่มเป้าหมายได้ลงทะเบียนเรียน ปีการศึกษา 1/2568 ทำให้ผู้วิจัยมีบริบทของกลุ่มเป้าหมายว่ามีความแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็น ความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วมอภิปรายในชั้นเรียน และความสามารถในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนผ่านกิจกรรม Micro-teaching ทั้งในฐานะครูผู้สอนและครูผู้สังเกต ซึ่งงานวิจัยนี้จะกำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็น Codename จำนวน 1-2 และคงที่ตลอดทั้งการวิจัย ได้แก่ PST1 และ PST2

3.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสถานที่วิจัย เป็นโรงเรียนเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก และได้กำหนดวิสัยทัศน์ในการพัฒนา เป็นสถานศึกษาต้นแบบการสอน Active Learning ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ผู้เรียนเป็นเจ้าของการเรียนรู้และมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ใช้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) พัฒนาครูโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน เนื่องจากโรงเรียนได้เข้าร่วมโครงการวิจัยและนำการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิดมาใช้จนถึงปัจจุบัน ซึ่งเป็นระยะเวลาเกือบ 20 ปี ทำให้ผู้บริหาร คณะครู และบุคลากรคุ้นเคยถึงนวัตกรรมดังกล่าว ได้เกิดโมเดลการเรียนรู้เชิงวิชาชีพหลายระดับตามกรอบแนวคิดเชิงนวัตกรรม TLSOA ซึ่งวงที่ 1-3 ที่เป็นวงจรที่เกิดขึ้นภายในโรงเรียน และวงที่ 4-6 ได้เข้าร่วมเพื่อพัฒนาวิชาชีพอยู่เสมอ และประเด็นที่สำคัญที่ทำให้เกิดผลที่ตามมาจากการเข้าร่วมนวัตกรรมมาเป็นระยะเวลาดังที่กล่าวข้างต้น คือ นักเรียน ทำให้งานวิจัยนี้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 9 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิดมาตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านทักษะการคิด กล้าที่จะนำเสนอแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน เพื่อยืนยันวิธีที่การแก้ปัญหาของตนเอง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแผนที่ถูกออกแบบเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่สร้างร่วมกันจากทีมการศึกษาชั้นเรียน โดยใช้หนังสือเรียนคณิตศาสตร์สำหรับระดับประถมศึกษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 2 จากสำนักพิมพ์ Gakko Tosho ซึ่งเป็นความร่วมมือของศูนย์วิจัยคณิตศาสตรศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์ CRICED, University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น

3.2.2 แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน

แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการแก้ปัญหาและแนวคิดของนักเรียนในขณะเผชิญสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายสามารถบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้อย่างเป็นระบบ การสร้างแบบบันทึกนี้ อ้างอิงจากกรอบการพัฒนาทักษะการสังเกตของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2568) โดยผู้วิจัยได้มีการปรับแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมและสามารถนำมาวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.3 แบบบันทึกการสะท้อนผลร่วมกัน

แบบบันทึกการสะท้อนผลของนักศึกษาครูเป็นเครื่องมือที่ใช้ในสะท้อนผลหลังจากนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ร่วมกันออกแบบไปใช้ในห้องเรียนจริง เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายจัดการข้อมูลที่ได้จากการสังเกตแนวคิดของนักเรียน มาเรียบเรียงเป็นประเด็นสะท้อนผลร่วมกัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลที่กลุ่มเป้าหมายได้บันทึก

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Methodology) ที่ศึกษาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน การนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในชั้นเรียนจริง และการสะท้อนผลร่วมกัน โดยจะเป็นการนำข้อมูลมาบรรยายเชิงวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดได้รับการตรวจสอบร่วมกับข้อมูลจากการแสดงออกของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ ทั้งในด้านพฤติกรรม สีหน้า ท่าทาง รวมถึงบทสนทนา (Protocol) ที่ได้จากการถอดเสียงจากเครื่องบันทึกวิดีทัศน์และภาพนิ่ง

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์การสังเกตแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม แผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม มาล้อมรั้วกันเถอะ

4.1 ผลการวิเคราะห์การสังเกตแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน (Co-Plan)

ทีมการศึกษาชั้นเรียนได้ร่วมกันอ่านหนังสือคณิตศาสตร์ ที่ช่วยให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาตามแนวทางของวิธีการแบบเปิด หน้า 65 พร้อมการดำเนินการในกระบวนการก่อนการสังเกตแนวคิดของนักเรียน โดยผ่านการอภิปรายการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ Kyozai Kenkyu ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน จะเป็นกระบวนการที่ทีมการศึกษาชั้นเรียนได้เริ่มต้นในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มต้นทีมการศึกษาชั้นเรียนที่ประกอบไปด้วยกลุ่มเป้าหมายจะต้องลองคาดการณ์จากแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้จุดประสงค์ของคาบเรียนดังนี้

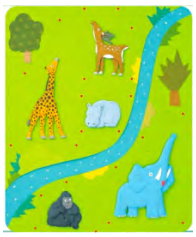
<u>จุดประสงค์ของคาบเรียนนี้</u>: นักเรียนสามารถสร้างรูปร่างจากการลากเส้นตรงเชื่อมจุดได้

2) การออกแบบสถานการณ์ปัญหา สร้างคำสั่ง การออกแบบสื่อตามแนวคิดของนักเรียน โดยอาศัยจากคำสั่งในหนังสือเรียน โดยในขั้นนี้ทีมการศึกษาชั้นเรียนจะพิจารณาคำสั่งที่ได้ลองแก้ปัญหา ควรที่จะปรับหรือเพิ่มตรงจุดไหนหรือไม่ เพื่อที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจและสามารถที่จะทำปัญหานั้นมาเป็นของตนเอง แล้วไปสู่การแก้ปัญหา โดยร่วมกันปรับคำสั่งให้ใช้เส้นตรงน้อยที่สุด เพื่อส่งเสริมแนวคิดเรื่องส่วนของเส้นตรง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการเชื่อมจุด 2 จุดด้วยเส้นตรง และทำให้แนวคิดของนักเรียนเกิดการสร้างรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม โดยทีมการศึกษาชั้นเรียนได้สถานการณ์ปัญหาที่มีบริบทสวนสัตว์ที่เชื่อมโยงกับโลกจริงของนักเรียน และเงื่อนไขที่อยู่ในรูปคำสั่งที่จะทำให้นักเรียนสามารถลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ ซึ่งได้สถานการณ์ปัญหาดังนี้

<u>สถานการณ์ปัญหา</u>

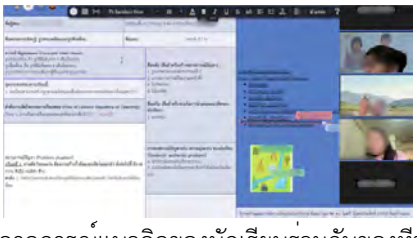
บริบท: สวนสัตว์ขอนแก่น ต้องการสร้างรั้วล้อมรอบสัตว์แต่ละตัว ดังต่อไปนี้ ยีราฟ กวาง ฮิปโปโปเตมัส กอริลลา ช้าง

คำสั่ง: ให้นักเรียนลากเส้นตรงเชื่อมจุดให้ล้อมรอบสัตว์แต่ละตัว โดยใช้เส้นตรงให้น้อยที่สุด



ภาพที่ 1 แสดงรูปสถานการณ์ปัญหา

3) การหาความเชื่อมโยงของแนวคิดของนักเรียนก่อนหน้านั้น ว่าจะใช้อะไรมาแก้ปัญหาตามแนวคิดของนักเรียน โดยเครื่องมือของนักเรียนในคาบที่ผ่านมาเกี่ยวกับการสร้างเส้นตรงจากจุดสองจุดด้วยไม้บรรทัด ซึ่งทีมการศึกษาชั้นเรียนจะสามารถคาดการณ์แนวคิดได้ เพื่อให้สามารถติดตามและทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนระหว่างการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2 แสดงการคาดการณ์แนวคิดของนักเรียนร่วมกันของทีมการศึกษาชั้นเรียน

4) การกำหนดตำแหน่งที่จะสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในขั้นตอนนี้ทีมการศึกษาชั้นเรียนได้มีการพิจารณาถึงตำแหน่งของการที่จะเข้าไปสังเกตแนวคิดของนักเรียนตามการคาดการณ์แนวคิด

จากกระบวนการในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบ Kyozai kenkyu ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นกระบวนการก่อนการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ว่าทีมการศึกษาชั้นเรียนจะเข้าไปสังเกตแนวคิดของนักเรียนอย่างไร ให้สามารถที่จะเข้าใจในแนวคิดของนักเรียน มากกว่าจะเป็นการที่บันทึกตามสิ่งที่นักเรียนได้เขียนลงในใบกิจกรรมหลังจากแก้สถานการณ์ปัญหา ดังนั้น กระบวนการก่อนการสังเกตแนวคิดของนักเรียนเป็นการดำเนินการร่วมกันของทีมการศึกษาชั้นเรียน และกลายเป็นแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน เมื่อทีมการศึกษาชั้นเรียนจะได้แบบบันทึกดังกล่าว จะกลับไปเขียนประเด็นและเพิ่มรายละเอียดให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เพื่อที่จะสามารถใช้งานแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในการบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ผลการวิเคราะห์การสังเกตแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม ในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do)

ในการสังเกตแนวคิดนักเรียนร่วมกัน (Co-Do) ของทีมการศึกษาชั้นเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมมาล้อมรั้วกันเถอะ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการบันทึกของกลุ่มเป้าหมายลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน โดยที่หนึ่งในทีมการศึกษาชั้นเรียนจะรับบทบาทหน้าที่เป็นครูผู้สอน และกลุ่มเป้าหมายจะได้รับบทบาทหน้าที่เป็นครูผู้สังเกต และได้ทำบันทึกและสังเกตตามแนวคิดของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2567) ดังนี้

1) การตีความของนักเรียน

การบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียนประเด็นของการตีความปัญหาของนักเรียน ที่จะพิจารณาการตอบสนองของนักเรียนต่อคำสั่ง พร้อมบันทึกหลักฐานที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเหตุการณ์ในชั้นเรียนจริง กลุ่มเป้าหมายได้มีการบันทึกถึงประเด็นดังกล่าวในการสังเกตแนวคิดของนักเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการตีความปัญหาของนักเรียน ในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน

ผู้บันทึก	แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do)	หลักฐานภาพถ่ายชั้นเรียน
PST1		
PST2		

ในตาราง PST1 และ PST2 ได้บันทึกช่วงที่นักเรียนใช้คำพูดระหว่างนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะเริ่มพิจารณาสื่อที่ครูผู้สอนเตรียมมา จะพบว่ามีการบันทึกในช่วงที่ครูผู้สอนได้นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่จะเชื่อมโยงชั้นเรียนเข้าสู่บริบทสวนสัตว์ นักเรียนจะแสดงออกด้วยพฤติกรรมที่ชัดเจนและสามารถที่จะสังเกตได้ ได้แก่ การพูดว่าวันนี้จะต้องทำอะไรกับสวนสัตว์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสนใจต่อรูปสถานการณ์ปัญหา พร้อมที่จะเข้าถึงสถานการณ์ปัญหาได้อย่างมีความหมายสอดคล้องกับโพรโทคอลชั้นเรียน ดังนี้

Item 980	ครูผู้สอน	คิดว่าครูจะให้ทำอะไรกับสัตว์ทั้ง 5 ตัวนี้
Item 981	นักเรียน	ล้อมรั้วค่ะครู

จาก Item 981 จะสอดคล้องกับหลักฐานภาพถ่ายชั้นเรียน ซึ่งเห็นว่านักเรียนสามารถที่จะสังเกตรูปสถานการณ์ปัญหาที่เป็นสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ซึ่งครูเริ่มนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามว่าจะได้ทำอะไร ซึ่งมีนักเรียนได้ตอบออกมาทันทีว่าจะมีการล้อมรั้ว ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนได้จากการสังเกตและทำความเข้าใจอย่างมีความหมาย ทำให้นักเรียนสามารถที่จะคาดการณ์ได้ว่ารูปสัตว์ต่างๆนั้น ครูจะให้ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการล้อมรั้ว

2) แนวคิดในการแก้ปัญหา

การบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ประเด็นของแนวคิดในการแก้ปัญหา ส่วนใหญ่นักเรียนจะแก้ปัญหาจากการตีความปัญหาของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง พร้อมทั้งบันทึกในสิ่งที่ทำให้เกิดวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มเป้าหมายได้มีการบันทึกถึงประเด็นดังกล่าว ได้บันทึกโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา ในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน

ผู้บันทึก	แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do)	หลักฐานใบกิจกรรมนักเรียน
PST1		 ใบกิจกรรม 1
PST2		 ใบกิจกรรม 2

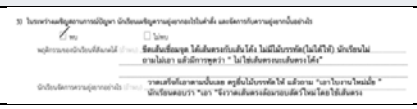
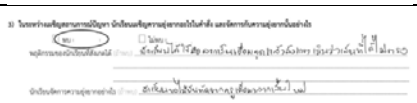
จากตารางในการบันทึกแนวคิดในการแก้ปัญหาของPST1 และ PST2 แนวคิดของนักเรียนเหมือนกัน คือ แนวคิดของการลากส่วนของเส้นตรงเชื่อมจุดได้มากกว่า 4 เหลี่ยมเกิดขึ้นจริงจากใบกิจกรรม 2 ที่จะมียีราฟและกวางที่เป็นรูปมากกว่า 4 เหลี่ยมและแนวคิดการลากส่วนของเส้นตรงเชื่อมจุดแล้วเส้นซ้อนทับกัน จะสอดคล้องกับใบกิจกรรมทั้ง 2 ใบ ซึ่งนักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับรั้วสัตว์ จะต้องมีรั้วที่ติดกันเพื่อให้มีรั้วที่สามารถใช้ร่วมกันได้ จึงทำให้แนวคิดในการแก้ปัญหานี้เกิดขึ้น นอกจากนี้แนวคิดที่ทีมการศึกษาชั้นเรียนไม่พบในคาบนี้คือการลากส่วนของเส้นตรงล้อมรอบสัตว์เฉพาะเท้าและลากเส้นไม่เชื่อมจุด ซึ่งสอดคล้องกับใบกิจกรรมที่ไม่มีร่องรอยแนวคิด ในส่วนแนวคิดที่มีความแตกต่างกัน จะเป็นแนวคิดการลากส่วนของเส้นตรงเชื่อมจุดให้มีพื้นที่มากที่สุด โดย PST2 ได้บันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดในประเด็นแนวคิดของการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนใช้มือในการแก้ปัญหา กล่าวคือ นักเรียนไม่ใช้เครื่องมือส่วนของเส้นตรงมาใช้แก้ปัญหา และพยายามใช้มือในการสร้างเส้นล้อมรั้วสัตว์แต่ละชนิดแทน และมีการกล่าวถึงการสร้างรั้วบริเวณที่ติดกับขอบกระดาษ ซึ่งนักเรียนไม่ได้สร้างส่วนของเส้นตรง จึงมีการให้ประเด็นว่านักเรียนมองขอบกระดาษเป็นขอบที่ไม่ต้องสร้างรั้วล้อมรอบสัตว์ โดย PST2 แสดงให้เห็นถึงการบันทึกการสังเกตแนวคิด

ของนักเรียนที่ละเอียด ใน PST1 ไม่ได้บันทึกแนวคิดที่กล่าวมาแต่จะมีการบันทึกแนวคิดของนักเรียนในประเด็นถัดไป

3) นักเรียนเผชิญความยุ่งยากอะไรในการทำตามคำสั่ง และจัดการความยุ่งยากนั้นอย่างไร

จากการบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียนประเด็นของการเผชิญความยุ่งยากในคำสั่ง และการจัดการความยุ่งยากอย่างไร ซึ่งจะพบการบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียนของกลุ่มเป้าหมาย ในประเด็นความยุ่งยากเป็นการสังเกตแนวคิดของนักเรียนในลักษณะความยุ่งยากที่เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนจะได้พบกับอุปสรรคก่อนที่จะเกิดแนวคิดของนักเรียน ซึ่งกลุ่มเป้าหมายได้บันทึกโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงนักเรียนเผชิญความยุ่งยากอะไรในการทำตามคำสั่ง และจัดการความยุ่งยากนั้นอย่างไร

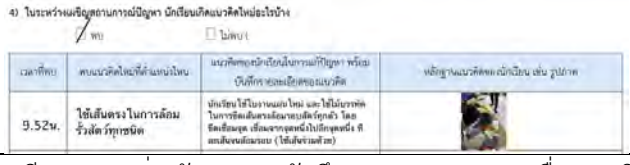
ผู้บันทึก	แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do)	หลักฐานภาพถ่ายชิ้นเรียน
PST1		
PST2		

จากตารางในการบันทึกนักเรียนเผชิญความยุ่งยากอะไรในการทำตามคำสั่งของ PST1 และ PST2 จะพบว่าในขั้นที่ 2 ของวิธีการแบบเปิด ที่นักเรียนจะได้สื่อหลักในการลงมือแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนได้รับใบกิจกรรมและปากกา แล้วนักเรียนส่วนใหญ่ลงมือแก้ปัญหาทันที ส่งผลให้แนวคิดของนักเรียนเลือกไม่ใช้ส่วนของเส้นตรงในการล้อมรั้วสัตว์ จะสอดคล้องกับหลักฐานภาพถ่ายในชั้นเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนใช้มือขีดเส้นเชื่อมจุด หลังจากลงมือแก้ปัญหาเสร็จ นักเรียนบางส่วนพบว่าเส้นที่ลากนั้นไม่ตรง ซึ่งกลุ่มเป้าหมายได้บันทึกว่าเป็นความยุ่งยากในการทำตามคำสั่ง โดยวิธีการที่นักเรียนจัดการความยุ่งยากคือนักเรียนจึงขอไม้บรรทัดจากครูผู้สอนเพื่อให้เส้นที่จะลากเชื่อมจุดนั้นเป็นส่วนของเส้นตรง

4) นักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อะไรบ้าง เกิดขึ้นที่ตำแหน่งไหน

จากการบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ประเด็นของนักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อะไรบ้าง จะมีการบันทึกของกลุ่มเป้าหมาย คือ PST1 ที่ได้บันทึกถึงประเด็นดังกล่าว โดยจะเป็นการพิจารณาว่า แนวคิดนักเรียนที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากการคาดการณ์แนวคิดในช่วงที่ทีมการศึกษาชั้นเรียนได้ร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงนักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อะไรบ้าง เกิดขึ้นที่ตำแหน่งไหน

ผู้บันทึก	แบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do)
PST1	

ในประเด็นนี้จะมีความแตกต่างกันของการบันทึก PST1 และ PST2 เนื่องจากที่กล่าวไปในประเด็นของแนวคิดในการแก้ปัญหา ซึ่งกลุ่มเป้าหมายทั้งสองมีการบันทึกที่แตกต่างกัน ในประเด็นแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์จะมีการบันทึกของ PST1 เท่านั้น ซึ่งแนวคิดจากตาราง 4 ของกลุ่มเป้าหมายเมื่อไปวิเคราะห์แล้ว พบว่าแนวคิดของนักเรียนนั้นเป็นประเด็นเดียวกัน โดย PST2 บันทึกเป็นแนวคิดลากเส้นตรงให้ได้พื้นที่ที่มากที่สุด แม้ว่านักเรียนทราบว่าต้องใช้ส่วนของเส้นตรงในเชื่อมจุด แต่นักเรียนยังไม่สามารถเข้าถึงคำสั่งได้ โดยนักเรียนยังคงเชื่อมจุดให้รั้วสัตว์แต่ละตัวมีพื้นที่กว้าง ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากการที่รั้วของสัตว์แต่ละชนิดมีเส้นที่ซ้อนทับกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนใช้ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันในการแก้ปัญหา แต่ในมุมของ PST1 จะสังเกตถึงการใช้ส่วนของเส้นตรงที่ซ้อนทับกันในบริเวณรั้วยีราฟและรั้วฮิปโปโปเตมัส ซึ่งเป็นแนวคิดที่ทีมการศึกษาชั้นเรียนไม่ได้มีการคาดการณ์ในช่วงออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน จะเห็นหลักฐานจากการขยายความในวงเล็บที่มีข้อความว่าใช้เส้นร่วมกัน ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ PST1 พิจารณาว่าเป็นประเด็นนักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อย่างไร

4.3 ผลการวิเคราะห์การสังเกตแนวคิดของนักเรียน เรื่อง รูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม ในการสะท้อนผลร่วมกัน (Co-See)

หลังจากที่สังเกตแนวคิดของนักเรียนในชั้นเรียนจริง ทีมการศึกษาชั้นเรียนจะสะท้อนผลร่วมกันตามประเด็นการสะท้อนผลของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2568) โดยจะมีสะท้อนผลการรวบรวมการตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหา พร้อมหลักฐานที่ได้จากการสังเกต ในการสะท้อนผลของกลุ่มเป้าหมาย PST1 และ PST2 จะสะท้อนแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียนใน 4 ประเด็นที่จะพบในชั้นเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่กลุ่มเป้าหมายได้ตระหนัก และนำมากล่าวถึงในช่วงสะท้อนผลร่วมกัน โดยการสะท้อนผลของ PST2 ในประเด็นการตีความปัญหาของนักเรียน ซึ่งมีการกล่าวถึงว่านักเรียนมีการตั้งคำถามว่าวันนี้จะมีการทำกิจกรรมการล้อมรั้วสัตว์แต่ละชนิด และในประเด็นนักเรียนเผชิญความยุ่งยากอย่างไรในการทำตามคำสั่ง ซึ่งจะเป็นการกล่าวถึงการใช้เส้นโค้งของนักเรียน และประเด็นนักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อย่างไร ซึ่งจะเป็นแนวคิดที่นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยการสร้างส่วนของเส้นตรง แต่นักเรียนมีการใช้ส่วนของเส้นตรงร่วมกันของรั้วสัตว์ ในส่วนการสะท้อนผลของ PST2 ได้ร่วมแลกเปลี่ยน คือ การสร้างส่วนของเส้นตรงด้วยมือและเชื่อมทุกจุดเข้าหากันโดยไม่ให้เกิดช่องว่าง ทำให้รูปร่างรั้วที่ล้อมรอบยีราฟ และกวางมีรั้วปิด แต่ยังมีช้าง

และฮิปโปโปเตมัสที่นักเรียนลากเส้นไม่สนิท จากการสะท้อนผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า PST2 มีการสะท้อนผลในประเด็นแนวคิดในการแก้ปัญหาที่บันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียน เพื่อที่จะนำประเด็นที่ได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนมุมมองจากการสะท้อนผลนี้ ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยพบว่านักศึกษาครูสามารถสังเกตแนวคิดของนักเรียนเรื่องรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมได้ครอบคลุมทั้ง 4 ประเด็นตามกรอบแนวคิดทักษะการสังเกตของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2568) ในชั้นเรียนที่ใช้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด โดยสามารถสรุปผลวิจัยตามการศึกษาชั้นเรียน ดังนี้ ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน (Co-Plan) ทีมการศึกษาชั้นเรียนร่วมกันออกแบบสถานการณ์ปัญหาโดยใช้กระบวนการ Kyozai Kenkyu เพื่อให้ได้จุดประสงค์การเรียนรู้ สถานการณ์ปัญหา การคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน และกำหนดตำแหน่งแนวคิดของนักเรียน ทำให้มีแบบบันทึกแนวคิดของนักเรียนที่เหมาะกับชั้นเรียน ในส่วนการสังเกตแนวคิดของนักเรียนร่วมกัน (Co-Do) กลุ่มเป้าหมายสามารถบันทึกแนวคิดของนักเรียนได้ทั้ง 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การตีความปัญหาของนักเรียน ได้แก่ กลุ่มเป้าหมายสามารถบันทึกการที่นักเรียนแสดงความสนใจต่อสถานการณ์ปัญหา จะสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอกที่นักเรียนแสดงออกทางคำพูดที่ได้สนทนากับครูในช่วงการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา 2) แนวคิดในการแก้ปัญหา ได้แก่ กลุ่มเป้าหมายบันทึกแนวคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียน ไม่ใช่แค่การเขียนตามใบกิจกรรม แต่เป็นการที่สามารถสังเกตนักเรียนของนักเรียนที่คาดการณ์ไว้ได้ และสามารถอธิบายรายละเอียดของแนวคิดของนักเรียนได้ โดยเฉพาะ PST2 ที่สามารถบันทึกรายละเอียดการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน 3) นักเรียนเผชิญความยุ่งยากอะไรในการทำตามคำสั่ง ซึ่งกลุ่มเป้าหมายจะบันทึกในจุดเดียวกัน ซึ่งเป็นจุดที่นักเรียนสร้างเส้นที่ไม่ใช่ส่วนของเส้นตรง จึงมีการจัดการความยุ่งยากโดยการขอใบกิจกรรมใหม่ และ 4) นักเรียนเกิดแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์อะไรบ้าง ซึ่งมีเพียง PST1 บันทึกแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์ โดยจะบันทึกแนวคิดที่นักเรียนได้สร้างส่วนของเส้นตรงตามคำสั่ง แต่มีตำแหน่งของส่วนของเส้นตรงที่ซ้อนทับกัน เมื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แล้วจะมีการสะท้อนผลร่วมกัน (Co-See) กลุ่มเป้าหมายสามารถนำข้อมูลจากแบบบันทึกการสังเกตแนวคิดของนักเรียนมาแลกเปลี่ยนมุมมอง ตั้งข้อสังเกตเพื่อนำไปปรับปรุงแผนการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

5.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน (Co-Plan) โดยใช้กระบวนการ Kyozai Kenkyu มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความสามารถของนักศึกษาครูในการสังเกตแนวคิดของนักเรียน เนื่องจากการร่วมกันคาดการณ์แนวคิดของนักเรียน วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ออกแบบคำสั่ง และกำหนดตำแหน่งในการสังเกตแนวคิดของนักเรียน ทำให้นักศึกษาครูเข้าสู่ชั้นเรียนด้วยเป้าหมายการสังเกตที่ชัดเจน ไม่ได้มุ่งเพียงบันทึกคำตอบหรือผลลัพธ์ของนักเรียน แต่สามารถติดตามแนวคิดของนักเรียนระหว่างการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Inprasitha (2022) ที่อธิบายว่า ขั้น Co-Plan เป็น

กระบวนการที่ทีมการศึกษาชั้นเรียนร่วมกันสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนเข้าสู่ชั้นเรียน โดยการคาดการณ์แนวคิดของนักเรียนถือเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การสังเกตแนวคิดของนักเรียนได้อย่างมีทิศทาง

ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่า นักศึกษาครูสามารถบันทึกแนวคิดของนักเรียนได้ครอบคลุมทั้ง 4 ประเด็น ได้แก่ การตีความปัญหา แนวคิดในการแก้ปัญหา ความยุ่งยากในการทำตามคำสั่ง และแนวคิดที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ ซึ่งสอดคล้องกับกรอบ Observation Skills ของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2568) ที่เสนอว่าการสังเกตแนวคิดของนักเรียนควรมุ่งทำความเข้าใจกระบวนการคิดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ และใช้ข้อมูลดังกล่าวสำหรับการสะท้อนผลร่วมกัน นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะของ Teacher Noticing ตามแนวคิดของ Van Es และ Sherin (2002) กล่าวคือ นักศึกษาครูไม่ได้เพียงสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน แต่สามารถระบุเหตุการณ์ที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน วิเคราะห์ความหมายของพฤติกรรมที่ปรากฏ และเชื่อมโยงเหตุการณ์ดังกล่าวเข้ากับการเรียนการสอน ซึ่งสะท้อนกระบวนการที่มุ่งทำความเข้าใจการคิดของนักเรียนมากกว่าการประเมินว่าคำตอบถูกหรือผิด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักศึกษาครูมีพัฒนาการในองค์ประกอบสำคัญสองด้าน ได้แก่ การใส่ใจต่อกลยุทธ์ของนักเรียน และ การตีความความเข้าใจของนักเรียน ตามกรอบแนวคิดของ Jacobs et al. (2010) แสดงให้เห็นว่านักศึกษาครูสามารถบันทึกลำดับการพัฒนาแนวคิดของนักเรียน อธิบายเหตุผลของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ในองค์ประกอบที่สาม คือ การตัดสินใจตอบสนองต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ยังไม่ปรากฏอย่างชัดเจนในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากนักศึกษาครูทำหน้าที่เป็นผู้สังเกต จึงยังไม่มีโอกาสตัดสินใจระหว่างชั้นเรียน

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานของ วีระศักดิ์ แก่นอ้วน (2568) ที่พบว่าการฝึกสังเกตชั้นเรียนควรเริ่มจากการเตรียมความพร้อมก่อนการสังเกต การกำหนดประเด็นในการสังเกต และการสะท้อนผลร่วมกันหลังการสอน รวมทั้งสอดคล้องกับ ยุทธพงศ์ ชนะพันธ์ (2563) ที่พบว่าบันทึกการสังเกตที่มีความชัดเจนจะสามารถช่วยให้นักศึกษาครูติดตาม และจัดระบบแนวคิดของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบมากกว่า จึงอาจกล่าวได้ว่า การออกแบบในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน โดยใช้ Kyozai Kenkyu การสังเกตแนวคิดนักเรียนร่วมกัน และการสะท้อนผลร่วมกันภายใต้ TLSOA เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้นักศึกษาครูพัฒนาความสามารถในการสังเกตแนวคิดของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้เข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของทีมการศึกษาชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง ไม่ใช่เพียงการสังเกตชั้นเรียนในระยะเวลาสั้น เพื่อให้นักศึกษาครูได้พัฒนาการสังเกตแนวคิดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ ด้วยนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับข้อจำกัดต่อการสังเกตแนวคิดของนักเรียนของนักศึกษาครู เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบแนวทางการพัฒนาทักษะการสังเกตที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับทุนการวิจัยจากศูนย์วิจัยคณิตศาสตรศึกษา ภายใต้ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อการปฏิรูปการศึกษาไทย

7. เอกสารอ้างอิง

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2565). แนวทางการสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดตามแนวคิดของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. *กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). (น. 93). ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

_____. (2567). เอกสารประกอบการประชุมการเปิดชั้นเรียนระดับชาติ ครั้งที่ 17. ขอนแก่น: มูลนิธิการศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิด

_____. (2568). *ทักษะการสังเกตและบันทึกแนวคิดของนักเรียน ในระหว่างที่แก้ปัญหา (Observation Skills)*. เอกสารประกอบ The 18th National Open Class TLSOA, ขอนแก่น: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิชาครูสำหรับอาเซียน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

_____. (2569). ระบบครุศึกษา (Teacher Education System). *การเปิดชั้นเรียน (Open Class) ไม่ใช่กิจกรรมแต่คือ “ระบบจุลภาค” (Microsystem) สำหรับการวิเคราะห์และยกระดับคุณภาพการศึกษา.* (น. 63). ขอนแก่น: มูลนิธิการศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการคิด.

ยุทธพงศ์ ชนะพันธ์. (2563). *การพัฒนาการสังเกตชั้นเรียนของนักศึกษาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา โดยใช้ LessonNote* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วีระศักดิ์ แก่นอ้วน. (2568). แนวทางการฝึกปฏิบัติการสังเกตชั้นเรียนของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์: กรณีศึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 36*(1), 63–80.

French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 138–149.

Inprasitha, M. (2022). Lesson study and open approach development in Thailand: a longitudinal study. *International Journal for Lesson and Learning Studies, 11*(5). 1-15.

Jacobs, V. R., Lamb, L. L. C., & Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education, 41*(2), 169–202.

van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education, 10*(4), 571–596.

การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล ของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1

ประชุม ปิ่นสกุล[1], ณราชัย ศรีนรานฤดล[1], พรพิมล เฉลิมมีประเสริฐ[1], รัตน์ เกตุจันทร์[1] และปราโมทย์ สิทธิจักร[2*]

[1]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

[2]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

*Corresponding Email : pramotes@plu.ac.th

Corresponding Email : testtest070499@gmail.com เต็งไตรสรณ์, ปราโมทย์ สิทธิจักร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล 2) เปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล จำแนกตามสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม และ 3) ศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 ประชากร ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา ครู ผู้ปกครอง และปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 90 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.99, S.D. = 0.45) โดยด้านการวางแผนและกำหนดนโยบายมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.46) รองลงมา ได้แก่ ด้านการสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล ด้านการติดตามและประเมินผล ด้านการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ และด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย ตามลำดับ 2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีสถานภาพแตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ปัญหาสำคัญ ได้แก่ การมีส่วนร่วมของชุมชนไม่ต่อเนื่อง การขาดแคลนงบประมาณและทรัพยากรสนับสนุนและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลยังไม่ครอบคลุม โดยมีข้อเสนอแนะให้พัฒนาฐานข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นในรูปแบบดิจิทัล สร้างเครือข่ายความร่วมมือกับชุมชน สนับสนุนงบประมาณและเทคโนโลยีอย่างเพียงพอ และพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับการบริหารให้สอดคล้องกับการศึกษาในศตวรรษที่ 21

คำสำคัญ : แหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น, ยุคดิจิทัล, โรงเรียนระดับประถมศึกษา

Learning Resource and Local Wisdom Management in the Digital Era at Wat Nong Na Dong Kwang School under the Phitsanulok Primary Educational Service Area Office 1

Prachum Pinsakul[1], Narachai Srinaranaruedol[1], Pornpimon Chalermmeprasert[1], Rat Ketchan[1], and Pramote Sittijuk[2]*

[1]Faculty of Education, Phitsanulok University, Thailand

[2]Department of Information Technology, Faculty of Business Administration and Accounting, Phitsanulok University, Thailand

***Corresponding Author: pramotes@plu.ac.th**

Abstract

This research aimed to: (1) examine the level of learning resource and local wisdom management in the digital era; (2) compare opinions on learning resource and local wisdom management in the digital era according to the respondents' status; and (3) investigate the problems and propose guidelines for improving learning resource and local wisdom management in the digital era at Wat Nong Na Dong Kwang School under the Phitsanulok Primary Educational Service Area Office 1. The population consisted of 90 participants, including school administrators, teachers, parents, and local wisdom experts. The research instrument was a questionnaire. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, one-way analysis of variance (One-way ANOVA), and content analysis. The findings revealed that: (1) the overall level of learning resource and local wisdom management in the digital era was at a high level ($\bar{x}$ = 3.99, S.D. = 0.45). Among the five aspects, planning and policy formulation obtained the highest mean score ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.46), followed by resource and digital technology support, monitoring and evaluation, learning resource organization and development, and community and network participation, respectively. (2) Respondents with different statuses had significantly different opinions regarding learning resource and local wisdom management at the .05 level of statistical significance. (3) The major problems included inconsistent community participation, insufficient budget and

supporting resources, and limited implementation of digital technology. The recommendations were to develop a digital database of local wisdom, strengthen collaborative networks with the community, provide adequate financial and technological support, and establish a continuous monitoring and evaluation system to enhance management practices in accordance with the requirements of 21st-century education.

Keywords: Learning Resources and Local Wisdom, Digital Era, Primary Schools

1. บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 ได้กำหนดให้การจัดการศึกษามุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความสมบูรณ์ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีวินัย ภาคภูมิใจในความเป็นชาติไทย รวมทั้งมีทักษะการเรียนรู้ ทักษะอาชีพ และทักษะชีวิตที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและความก้าวหน้าของโลกในปัจจุบัน ตลอดจนสามารถพัฒนาศักยภาพและความถนัดของตนเองจนเกิดความเชี่ยวชาญ มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว ชุมชน สังคม และประเทศชาติ และสามารถดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข นอกจากนี้ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติยังให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยสนับสนุนให้บุคคลทุกช่วงวัยแสวงหาความรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านวิชาชีพและด้านอื่น ๆ ที่สนใจ เพื่อให้สามารถปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาสังคม ดังนั้น สถานศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมทั้งส่งเสริมการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อสร้างโอกาสทางการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนในยุคดิจิทัล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการจัดการศึกษา ทำให้สถานศึกษาต่าง ๆ สามารถนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการรวบรวม จัดเก็บ เผยแพร่ และถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การจัดทำฐานข้อมูลดิจิทัล การใช้สื่อมัลติมีเดีย การจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ และการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ร่วมกับชุมชนผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทยที่มุ่งส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาและสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566)

การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลจึงเป็นภารกิจสำคัญของสถานศึกษา โดยที่ผู้บริหาร คณะครู ผู้ปกครอง และชุมชนต้องมีส่วนร่วมในการวางแผน พัฒนา และส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน ทั้งในด้านบุคลากร งบประมาณ อาคารสถานที่ การมีส่วนร่วมของชุมชน และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพสังคมและเทคโนโลยี ทำให้สถานศึกษาหลายแห่งยังประสบปัญหาในการบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นให้สอดคล้องกับปัจจุบัน ทั้งด้านทรัพยากร งบประมาณ การมีส่วนร่วมของชุมชน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2565)

โรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 ได้ดำเนินการจัดการศึกษาโดยยึดนโยบายของหน่วยงานต้นสังกัด พร้อมทั้งส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นผ่านการบูรณาการองค์ความรู้ท้องถิ่นในการจัดการเรียนการสอนและการจัดกิจกรรมอนุรักษ์ สืบสาน และเผยแพร่ภูมิปัญญาท้องถิ่นแก่ผู้เรียน อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่ายังมีข้อจำกัด

หลายประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่น ได้แก่ การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ยังไม่เต็มศักยภาพ เนื่องจากผู้เกี่ยวข้องบางส่วนยังขาดความเชื่อมั่นในคุณค่าและศักยภาพขององค์ความรู้ท้องถิ่น อีกทั้งองค์ความรู้มีความหลากหลายและกระจัดกระจาย ทำให้การรวบรวม จัดระบบ และถ่ายทอดสู่ผู้เรียนยังไม่เป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อจัดเก็บ เผยแพร่ และพัฒนาแหล่งเรียนรู้ยังมีข้อจำกัด ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าถึงองค์ความรู้ได้ไม่ทั่วถึง ขณะเดียวกัน การจัดกิจกรรมเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกและผู้ทรงภูมิปัญญาในชุมชนยังมีไม่มาก ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้รับประสบการณ์ตรงและเชื่อมโยงความรู้สู่การปฏิบัติจริงอย่างจำกัด อีกทั้งยังประสบปัญหาด้านงบประมาณ การมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง ชุมชน และภาคีเครือข่ายที่ยังไม่ต่อเนื่อง รวมถึงการประชาสัมพันธ์ที่ยังไม่ทั่วถึง ส่งผลให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องบางส่วนยังตระหนักถึงความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นไม่เพียงพอ แม้ว่าหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานจะเปิดโอกาสให้สถานศึกษาพัฒนาหลักสูตรตามบริบทของท้องถิ่นและบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นกับองค์ความรู้สากล แต่ในทางปฏิบัติการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อยกระดับการเรียนรู้และการสืบทอดองค์ความรู้ยังอยู่ในระดับจำกัด.

ด้วยปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 เพื่อศึกษาระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล และเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบททางการศึกษาในปัจจุบันต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่น

การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน เนื่องจากแหล่งเรียนรู้เป็นสื่อกลางที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้และพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ขณะที่ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นองค์ความรู้ที่เกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ วิถีชีวิต วัฒนธรรม และค่านิยมของชุมชน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนและชุมชนได้อย่างเหมาะสม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2564) ซึ่งมีผู้ให้คำจำกัดความคำว่าภูมิปัญญาท้องถิ่นว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น หมายถึง องค์ความรู้ ทักษะ ความเชื่อ และแนวปฏิบัติของคนในชุมชนที่ผ่านกระบวนการสั่งสม คัดสรร และกลั่นกรองจากประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างมีพลวัตจนกลายเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่น ซึ่งมีลักษณะเด่นในการเป็นความรู้แบบองค์รวมที่บูรณาการวิถีชีวิต อาชีพ และธรรมชาติเข้าด้วยกันอย่างสมดุล (เอกวิทย์ ณ ถลาง, 2544; อานันท์ กาญจนพันธุ์, 2544)

2.2 แนวคิดการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม

แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารสถานศึกษาให้ความสำคัญกับการใช้ทรัพยากรทางการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านบุคลากร งบประมาณ อาคารสถานที่ และการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทางการศึกษา โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ สถานศึกษาจำเป็นต้องพัฒนาแหล่งเรียนรู้ให้สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในและนอกชุมชนผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้เรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566)

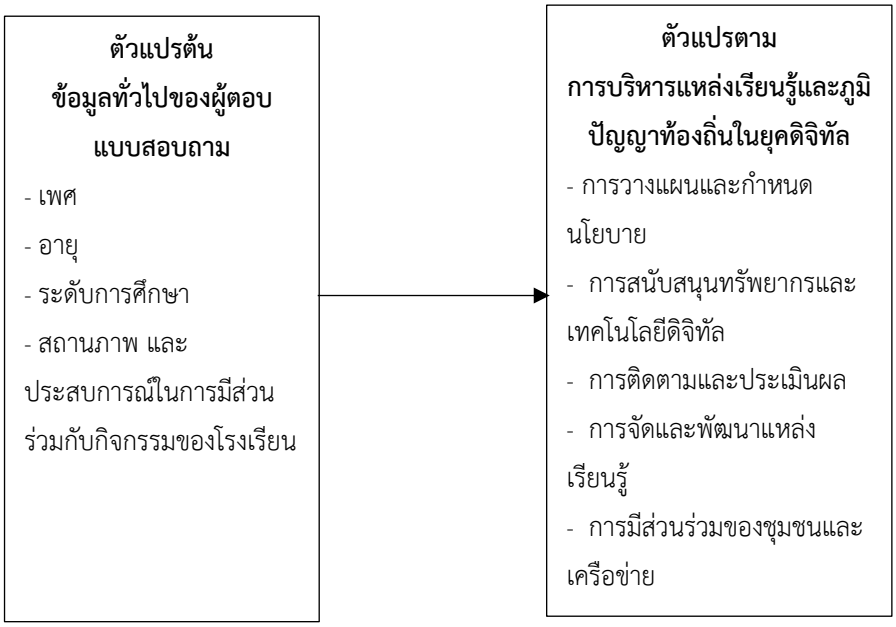
นอกจากนี้แนวคิดการบริหารแบบมีส่วนร่วม (Participatory Management) ของ Cohen และ Uphoff (1980) ยังชี้ให้เห็นว่าความร่วมมือผ่านกระบวนการร่วมวางแผน ร่วมดำเนินงาน และร่วมประเมินผลเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินงานเกิดประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษา โดยสร้างความร่วมมือระหว่างผู้บริหาร ครู ผู้ปกครอง ชุมชน และปราชญ์ชาวบ้าน ซึ่งสามารถช่วยให้การจัดการศึกษาตอบสนองต่อความต้องการของท้องถิ่น เกิดการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ของตนเอง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่า การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพส่งผลต่อคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษา โดยเฉพาะด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน การสนับสนุนทรัพยากร และการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ยังพบปัญหาในด้านงบประมาณ การขาดระบบจัดเก็บองค์ความรู้ท้องถิ่น และการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนที่ยังไม่ครอบคลุมและต่อเนื่อง (สุวิมล ว่องวาณิช, 2563; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2565) นอกจากนี้การศึกษาของกษมาพร ทองเอื้อ และคณะ (2564) พบว่า การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของสถานศึกษาควรดำเนินการอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการวางแผน การจัดองค์กร การมีส่วนร่วมของชุมชน การนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้เป็นฐานการเรียนรู้ และการติดตามประเมินผล โดยเฉพาะการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างสถานศึกษา ผู้นำชุมชน และปราชญ์ชาวบ้าน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินงานประสบผลสำเร็จและเกิดความยั่งยืน นอกจากนี้งานวิจัยด้านการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นยังพบว่า การสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างชุมชน และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการองค์ความรู้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่คนรุ่นใหม่และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้แหล่งเรียนรู้ของชุมชนเพื่อการพัฒนาทางการศึกษาและสังคมอย่างยั่งยืน

จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สะท้อนให้เห็นว่าการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัยการบริหารแบบมีส่วนร่วม การจัดการองค์ความรู้อย่างเป็นระบบ การสนับสนุนทรัพยากรจากทุกภาคส่วน และการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้าสู่กระบวนการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์ สืบสาน และพัฒนาภูมิปัญญา

ท้องถิ่นควบคู่ไปกับการยกระดับคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำผลการสังเคราะห์ดังกล่าวมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา ดังแสดงในกรอบแนวคิดการวิจัยในภาพที่ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรทั้งหมด ได้แก่ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 ประจำปีการศึกษา 2569 จำนวนทั้งสิ้น 90 คน ประกอบด้วย ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 1 คน ครูผู้สอน จำนวน 20 คน ผู้ปกครองนักเรียน จำนวน 60 คน และปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 9 คน

3.2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม เรื่อง การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ และประสบการณ์ในการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมของโรงเรียน ลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล จำนวน 5 ด้านๆ ละ 8 ข้อคำถาม รวมจำนวนทั้งหมด 40 ข้อคำถาม ได้แก่

1. ด้านการวางแผนและกำหนดนโยบาย
2. ด้านการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้
3. ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย
4. ด้านการสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล
5. ด้านการติดตามและประเมินผล

ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert Scale) ดังนี้

5 หมายถึง มีการดำเนินงานอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีการดำเนินงานอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีการดำเนินงานอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีการดำเนินงานอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีการดำเนินงานอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended Question)

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดำเนินการดังนี้

1. นำแบบสอบถามเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารการศึกษา จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) โดยทุกข้อคำถามได้ค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

2. นำแบบสอบถามที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มประชากรที่ใช้รวบรวมข้อมูล จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าเท่ากับ 0.758

3. ปรับปรุงแก้ไขและจัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขอหนังสือจากมหาวิทยาลัยเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง

2. ประสานงานกับผู้บริหารสถานศึกษาเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล

3. ดำเนินการแจกและเก็บรวบรวมแบบสอบถามจากกลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง

4. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

2. ระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

โดยแปลผลค่าเฉลี่ยดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับน้อย

1.00– 1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

3. การทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล จำแนกตามสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยผู้วิจัยได้รวมผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนเป็นกลุ่มบุคลากรทางการศึกษาเนื่องจากผู้บริหารสถานศึกษามีจำนวนเพียง 1 คน เพื่อให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยจำแนกผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ บุคลากรทางการศึกษา ผู้ปกครอง และปราชญ์ชาวบ้าน การวิเคราะห์ความแตกต่างของความคิดเห็นระหว่างกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffé's Method)

4. ข้อเสนอแนะจากคำถามปลายเปิด วิเคราะห์โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอผลในรูปแบบความเรียงประกอบความถี่ของประเด็นที่พบ

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวมจากแบบสอบถามของประชากร จำนวน 90 คน มาวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ตอน ดังนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ปกครองนักเรียน จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมา ได้แก่ ครูผู้สอน จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 22.22 ปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 และผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.11 ตามลำดับ

4.2 ระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล

ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งในภาพรวมและรายด้าน ประกอบด้วย ด้านการวางแผนและกำหนดนโยบาย ด้านการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย ด้านการสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยี และด้านการติดตามและประเมินผล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลโดยภาพรวม

ด้านการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. การวางแผนและกำหนดนโยบาย	4.48	0.46	มาก
2. การสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล	4.12	0.44	มาก
3. การติดตามและประเมินผล	4.08	0.47	มาก
4. การจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้	3.85	0.52	มาก
5. การมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย	3.44	0.50	ปานกลาง
เฉลี่ยรวม	3.99	0.45	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.99, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีการดำเนินงานอยู่ในระดับมาก จำนวน 4 ด้าน และอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 1 ด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การวางแผนและกำหนดนโยบาย ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.46) รองลงมา ได้แก่ การสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล ($\bar{x}$ = 4.12, S.D. = 0.44) การติดตามและประเมินผล ($\bar{x}$ = 4.08, S.D. = 0.47) และการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.52) ซึ่งทุกด้านดังกล่าวอยู่ในระดับมาก ตามลำดับ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย ($\bar{x}$ = 3.44, S.D. = 0.50) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง

ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า โรงเรียนให้ความสำคัญกับการกำหนดนโยบาย การวางแผนการดำเนินงาน การสนับสนุนทรัพยากร และการติดตามประเมินผลอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลมีประสิทธิภาพในระดับที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตาม โรงเรียนควรส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง ชุมชน และเครือข่ายภายนอกให้มากยิ่งขึ้น เพื่อสร้างความร่วมมือในการอนุรักษ์ถ่ายทอด และพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นให้สอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล และนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างยั่งยืนต่อไป

นอกจากนั้น สามารถแสดงผลการวิเคราะห์รายประเด็นในแต่ละด้าน เรียงลำดับตามด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดถึงต่ำสุด ดังนี้

การวางแผนและกำหนดนโยบาย พบว่า การวางแผนและกำหนดนโยบาย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.46) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับ ได้แก่ โรงเรียนกำหนดนโยบายด้านการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลอย่างชัดเจน ($\bar{x}$ = 4.62, S.D. = 0.49) รองลงมา คือ โรงเรียนกำหนดวิสัยทัศน์และเป้าหมายที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชน ($\bar{x}$ = 4.58, S.D. = 0.51) และมีการจัดทำแผนพัฒนาแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ($\bar{x}$ = 4.54, S.D. = 0.45) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ มีการทบทวนและปรับปรุงแผนการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.50)

การสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล พบว่า การสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.12, S.D. = 0.44) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับ ได้แก่ โรงเรียนสนับสนุนอุปกรณ์ดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้อย่างเพียงพอ ($\bar{x}$ = 4.28, S.D. = 0.42) รองลงมา คือ โรงเรียนมีระบบอินเทอร์เน็ตและเครือข่ายที่เพียงพอต่อการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.43) และโรงเรียนส่งเสริมการใช้สื่อและเทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.44) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ โรงเรียนมีการบำรุงรักษาและพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.91, S.D. = 0.47)

การติดตามและประเมินผล พบว่า การติดตามและประเมินผล โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.08, S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับ ได้แก่ โรงเรียนมีการติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.45) รองลงมา คือ โรงเรียนนำผลการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการดำเนินงาน ($\bar{x}$ = 4.15, S.D. = 0.46) และโรงเรียนมีการรายงานผลการดำเนินงานต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างสม่ำเสมอ ($\bar{x}$ = 4.12, S.D. = 0.48) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ โรงเรียนเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมสะท้อนความคิดเห็นต่อผลการดำเนินงาน ($\bar{x}$ = 3.92, S.D. = 0.50)

การจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ พบว่า การจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.52) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับ ได้แก่ โรงเรียนพัฒนาแหล่งเรียนรู้ให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับยุคดิจิทัล ($\bar{x}$ = 4.02, S.D. = 0.49) รองลงมา คือ โรงเรียนส่งเสริมการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการจัดการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 3.96, S.D. = 0.51) และโรงเรียนเชื่อมโยงแหล่งเรียนรู้กับหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนการสอน ($\bar{x}$ = 3.90, S.D. = 0.52) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ โรงเรียนส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนและแหล่งเรียนรู้ของชุมชนอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.59, S.D. = 0.55)

การมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย พบว่า การมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.44, S.D. = 0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับ ได้แก่ ชุมชนให้การสนับสนุนและมีส่วนร่วมในกิจกรรมของโรงเรียน ($\bar{x}$ = 3.70, S.D. = 0.48) รองลงมา คือ โรงเรียนมีเครือข่ายความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.49) และปราชญ์ชาวบ้านมีส่วนร่วมในการถ่ายทอดองค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่น ($\bar{x}$ = 3.49, S.D. = 0.51) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ โรงเรียนมีการสร้างและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือกับองค์กรภายนอกอย่างต่อเนื่อง ($\bar{x}$ = 3.10, S.D. = 0.50)

4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล

เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีสถานภาพแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้จำแนกผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ บุคลากรทางการศึกษา ผู้ปกครอง และปราชญ์ชาวบ้าน จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffé's Method) ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล จำแนกตามสถานภาพ

ด้านการบริหาร	บุคลากรทางการศึกษา (n=21)	ผู้ปกครอง (n=60)	ภูมิปัญญาท้องถิ่น (n=9)	F	Sig.
1. การวางแผนและกำหนดนโยบาย	4.58	4.42	4.47	1.624	.203
2. การสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล	3.97	3.79	3.88	1.847	.164
3. การติดตามและประเมินผล	3.61	3.35	3.48	3.251	.043*
4. การจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้	4.23	4.07	4.15	1.536	.221
5. การมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย	4.17	4.02	4.11	1.772	.176

ภาพรวม	**4.11**	**3.93**	**4.02**	**2.108**	**.128**

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีสถานภาพแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลโดยภาพรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Sig. = .128) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่ายมีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Sig. = .043) ส่วนด้านอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย โดยวิธีเชฟเฟ่ (Scheffé)

กลุ่มที่เปรียบเทียบ	ผลต่างค่าเฉลี่ย (I-J)	Sig.	ผลการเปรียบเทียบ
บุคลากรทางการศึกษา – ผู้ปกครอง	0.26	.038*	แตกต่าง
บุคลากรทางการศึกษา – ภูมิปัญญาท้องถิ่น	0.13	.421	ไม่แตกต่าง
ผู้ปกครอง – ภูมิปัญญาท้องถิ่น	-0.13	.503	ไม่แตกต่าง

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีเชฟเฟ่ ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย พบว่า กลุ่มบุคลากรทางการศึกษามีความคิดเห็นสูงกว่ากลุ่มผู้ปกครองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Sig. = .038) ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มบุคลากรทางการศึกษากับภูมิปัญญาท้องถิ่น และระหว่างกลุ่มผู้ปกครองกับภูมิปัญญาท้องถิ่น พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล

จากการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้เสนอแนวทางพัฒนาในหลายประเด็นที่สำคัญ ซึ่งสามารถสรุปได้ 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการวางแผนและกำหนดนโยบาย

ผู้ตอบแบบสอบถามเสนอให้สถานศึกษากำหนดนโยบายและแนวทางการดำเนินงานด้านการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยควรกำหนดเป้าหมาย ตัวชี้วัด และแนวทางการติดตามประเมินผลที่ครอบคลุมบริบทของการจัดกิจกรรม รวมทั้งส่งเสริมให้ครูและบุคลากรได้รับการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีดิจิทัล ตลอดจนพัฒนาทักษะการประสานความร่วมมือกับชุมชนและเครือข่ายภายนอก

2. ด้านการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้

ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าควรมีการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษาให้มีความเพียงพอและหลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะการจัดพื้นที่เรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น การส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ในชุมชน และการจัดทำฐานข้อมูลหรือคลังองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในรูปแบบดิจิทัล เพื่อให้สามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวกและต่อเนื่อง

3. ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย

ผู้ตอบแบบสอบถามเสนอให้สถานศึกษาส่งเสริมความร่วมมือระหว่างโรงเรียน ชุมชน ผู้ปกครอง และปราชญ์ชาวบ้านอย่างต่อเนื่อง โดยสร้างความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่น รวมทั้งเพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมและสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

4. ด้านการสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าควรได้รับการสนับสนุนงบประมาณเพิ่มเติมทั้งจากหน่วยงานต้นสังกัดและหน่วยงานภายนอก เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรม พัฒนาแหล่งเรียนรู้ จัดหาสื่อ เทคโนโลยีดิจิทัล และสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเชิญวิทยากรหรือปราชญ์ชาวบ้าน นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ในการรวบรวม เผยแพร่ และถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่ผู้เรียนและชุมชน

5. ด้านการติดตามและประเมินผล

ผู้ตอบแบบสอบถามเสนอให้มีการพัฒนาเกณฑ์และเครื่องมือการประเมินผลที่ครอบคลุมและสอดคล้องกับลักษณะของกิจกรรมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง นำผลการประเมินมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรม ตลอดจนส่งเสริมการนำเสนอผลงานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นเกิดประสิทธิภาพและความยั่งยืนในระยะยาว

5. สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล และ 2) ศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.99, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการวางแผนและกำหนดนโยบายมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ด้านการสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัล

ด้านการติดตามและประเมินผล ด้านการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ และด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่าย ตามลำดับ

ผลการวิจัยที่พบว่าด้านการวางแผนและกำหนดนโยบายมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่าสถานศึกษามีการกำหนดทิศทาง เป้าหมาย และแนวทางการดำเนินงานเกี่ยวกับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ มีการกำหนดบทบาทหน้าที่และแนวทางการดำเนินงานที่ชัดเจน ซึ่งส่งผลให้การดำเนินงานสามารถขับเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับแนวคิดการบริหารสถานศึกษาที่มุ่งเน้นการวางแผนเป็นกลไกสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรทางการศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับการศึกษาของกษมาพร ทองเอื้อ และคณะ (2564) ที่พบว่าการกำหนดนโยบายและการวางแผนร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการบริหารแหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ด้านการสนับสนุนทรัพยากรและเทคโนโลยีดิจิทัลมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก สะท้อนให้เห็นว่าสถานศึกษาให้ความสำคัญกับการจัดสรรงบประมาณ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้และการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยมีการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการจัดเก็บ เผยแพร่และถ่ายทอดองค์ความรู้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม จากข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามยังพบว่ามีข้อจำกัดด้านงบประมาณและอุปกรณ์เทคโนโลยีบางประการ จึงควรได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับผลการศึกษาของสุวิมล ว่องวาณิช (2563) ที่พบว่าการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ให้มีคุณภาพจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนด้านทรัพยากรและงบประมาณอย่างเพียงพอ

ด้านการติดตามและประเมินผลมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าสถานศึกษามีการกำกับ ติดตาม และประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถามบางส่วนยังเห็นว่าควรมีการพัฒนาเกณฑ์และเครื่องมือการประเมินผลให้ครอบคลุมและสอดคล้องกับลักษณะกิจกรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ผลการประเมินสะท้อนผลการดำเนินงานที่แท้จริงและสามารถนำไปใช้ปรับปรุงการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านการจัดและพัฒนาแหล่งเรียนรู้มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก แต่ยังพบข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนและความหลากหลายของแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกสถานศึกษา โดยเฉพาะแหล่งเรียนรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้ตอบแบบสอบถามเสนอให้มีการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ในรูปแบบดิจิทัลและจัดทำฐานข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงองค์ความรู้ได้อย่างสะดวกและต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2566) ที่เน้นให้สถานศึกษาพัฒนาแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อมโยงองค์ความรู้ในชุมชนกับเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แม้ว่าจะอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่ายังมีข้อจำกัดในการสร้างความร่วมมือกับชุมชน ผู้ปกครอง และปราชญ์ชาวบ้านอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลา การรับรู้ และช่องทางการสื่อสารระหว่างโรงเรียนกับชุมชน อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบ

แบบสอบถามได้เสนอให้เพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ และการเปิดโอกาสให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมทางการศึกษามากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการบริหารแบบมีส่วนร่วมของ Cohen และ Uphoff (1980) ที่ชี้ให้เห็นว่าความร่วมมือของทุกภาคส่วนในการร่วมวางแผน ร่วมดำเนินงาน และร่วมประเมินผล เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการบริหารจัดการ

ผลการศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะยังพบว่า ประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนา ได้แก่ การเพิ่มศักยภาพของครูและบุคลากรด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นในรูปแบบดิจิทัล การเพิ่มงบประมาณและทรัพยากรสนับสนุน การสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับชุมชน และการพัฒนาระบบติดตามประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบุญส่ง และคณะ (2566) ที่พบว่าการจัดการองค์ความรู้และการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญต่อการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และสอดคล้องกับการศึกษาของศิริพร และคณะ (2567) ที่พบว่าการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับเทคโนโลยีดิจิทัลช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนและสร้างความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวางอยู่ในระดับมาก แต่ยังควรพัฒนาในด้านการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับชุมชน การเพิ่มทรัพยากรสนับสนุน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการรวบรวม จัดเก็บ และเผยแพร่องค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์ สืบสาน และต่อยอดองค์ความรู้ของชุมชนควบคู่ไปกับการยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 สถานศึกษาควรกำหนดนโยบายและแผนพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลให้มีความชัดเจน เป็นรูปธรรม และดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยบูรณาการเข้ากับแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการบริหารและการใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ให้เกิดความยั่งยืน

1.2 หน่วยงานต้นสังกัดควรส่งเสริมและสนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็น ทั้งด้านงบประมาณ เทคโนโลยีดิจิทัล และการพัฒนาศักยภาพบุคลากร เพื่อให้สถานศึกษาสามารถพัฒนาแหล่งเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมดิจิทัล และเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน

1.3 สถานศึกษาควรพัฒนารูปแบบการสร้างความร่วมมือกับผู้ปกครอง ชุมชน ปราชญ์ท้องถิ่น และเครือข่ายภาคีที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการบริหาร ตั้งแต่การวางแผน การดำเนินงาน การติดตามประเมินผล และการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ร่วมกัน เนื่องจากการมีส่วนร่วมของชุมชนและเครือข่ายเป็นด้านที่มีระดับการดำเนินงานต่ำที่สุดจากผลการวิจัย

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของสถานศึกษา โดยครอบคลุมปัจจัยด้านภาวะผู้นำของผู้บริหาร การมีส่วนร่วมของชุมชน ความพร้อมด้านเทคโนโลยี และการสนับสนุนจากหน่วยงานต้นสังกัด เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการบริหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ควรขยายขอบเขตการศึกษาไปยังสถานศึกษาในสังกัดหรือพื้นที่อื่นที่มีบริบทแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบระดับการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัล และนำผลการศึกษามาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและแนวปฏิบัติที่เหมาะสมในแต่ละบริบท

2.3 ควรใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน โดยผสานการวิจัยเชิงปริมาณกับการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม หรือการศึกษากรณีศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค ปัจจัยความสำเร็จ และแนวทางการพัฒนาการบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลอย่างรอบด้าน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษา ครู ผู้ปกครอง และปราชญ์ชาวบ้านของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1 ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ตลอดจนให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล จนทำให้งานวิจัยเรื่อง “การบริหารแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นในยุคดิจิทัลของโรงเรียนวัดหนองนาดงกวาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิษณุโลก เขต 1” สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ทุกประการ

7. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 4 พ.ศ.2562.* สืบค้น 7 ตุลาคม 2566. จาก https://www.moe.go.th/wp-content/uploads/2022/01/MOE-Authority.pdf.

กษมาพร ทองเอื้อ, ประเสริฐ อินทร์รักษ์, และ นพดล เจนอักษร. (2564). การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. *วารสารวิจัยราชภัฏภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 11*(2), 45–58.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). *นโยบายและจุดเน้นการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566–2567.* สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2564). *แนวทางการส่งเสริมแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการจัดการศึกษา*. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2565). *รายงานการพัฒนาการศึกษาไทยในยุคดิจิทัล*. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2565*). รายงานการศึกษาแนวทางการส่งเสริมแหล่งเรียนรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาการศึกษา.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2563). *การวิจัยประเมินความต้องการจำเป็นและการพัฒนาคุณภาพการศึกษา.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อานันท์ กาญจนพันธ์. (2544). มิติชุมชน: วิถีคิดท้องถิ่นว่าด้วยสิทธิ อำนาจ และการจัดการทรัพยากร. ใน อานันท์ กาญจนพันธ์ (บก.), *สิทธิชุมชนในการพัฒนา* (น. 232–252). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

เอกวิทย์ ณ ถลาง. (2544). *ภาพรวมภูมิปัญญาไทย.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : อมรินทร์.

Cohen, J. M., & Uphoff, N. T. (1980). *Participation's place in rural development: Seeking clarity through specificity*. Cornell University.



การศึกษามุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัล

วราภรณ์ ทองสว่าง [1*]

[1] ภาควิชาศึกษาทั่วไป คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ที่อยู่ 98 หมู่ 8 ตำบล ป่าป้อง อำเภอ ดอยสะเก็ด จังหวัด เชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50220

* Waraphorn.Thongsawang@gmail.com , 0659641941

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัล และเพื่อวิเคราะห์ช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) ของบัณฑิตจบใหม่ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการและผู้ใช้บัณฑิตในประเทศไทย จำนวน 50 ท่าน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างเป็นสถานประกอบการที่มีการรับบัณฑิตจบใหม่เข้าปฏิบัติงานในตำแหน่งที่ต้องใช้ภาษาไทยเป็นเครื่องมือหลักในการสื่อสารในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และคำถามปลายเปิด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวิเคราะห์เนื้อหาแจกแจงความถี่เป็นค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ประกอบการเห็นว่าทักษะการใช้ภาษาไทยในยุคดิจิทัลมีความจำเป็นต่อการทำงานของบัณฑิตในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56, S.D.= 0.51) ผู้ประกอบการเห็นว่าทักษะการใช้ภาษาไทยมีความจำเป็นต่อการทำงานของบัณฑิตในยุคดิจิทัลอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56, S.D.= 0.51) ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดอันดับแรกคือ ด้านการเขียนเชิงธุรกิจดิจิทัล ($\bar{x}$ = 4.68, S.D.= 0.47) อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการพูดและการนำเสนอ ($\bar{x}$ = 4.52, S.D.= 0.52) อยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการอ่านจับใจความและคิดวิเคราะห์ ($\bar{x}$ = 4.48, S.D.= 0.55) อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ช่องว่างทางทักษะพบประเด็นปัญหาสำคัญ 2 ด้านหลัก คือ ปัญหาการไม่รู้กาลเทศะและความบกพร่องทางอักขรวิธีจากการติดสำนวนภาษาในสื่อสังคมออนไลน์ (ร้อยละ 42.00) และปัญหาการสื่อสารที่ขาดความกระชับและ

ไม่ตรงประเด็น (ร้อยละ 32.00) ข้อค้นพบนี้สะท้อนให้เห็นความจำเป็นเร่งด่วนที่สถาบันอุดมศึกษาต้องปรับปรุงหลักสูตรภาษาไทยให้มุ่งเน้นการสื่อสารประยุกต์เชิงธุรกิจดิจิทัลเพื่อตอบโจทย์ตลาดแรงงานอย่างแท้จริง

คำสำคัญ: ทักษะภาษาไทย, ยุคดิจิทัล, มุมมองของผู้ประกอบการ, ช่องว่างทางทักษะ, บัณฑิตจบใหม่

A Study on Entrepreneurs Perspectives Regarding Essential Thai Language Skills for Graduates in the Digital Era

Waraphorn Thongsawang [1*]

Department of General Education, Faculty of College of Integrated Technology and Science,
Rajamangala University of Technology Lanna

* Waraphorn.Thongsawang@gmail.com , 0659641941

Abstract

The objectives of this research were to examine entrepreneurs' perspectives on essential Thai language skills required for graduates in the digital era and to analyze the skill gaps of newly graduated students to inform curriculum development. The research sample consisted of 50 entrepreneurs and employers of graduates in Thailand. The research instruments included a 5-point Likert scale questionnaire and open-ended questions. Data were analyzed using mean, standard deviation, and content analysis with percentage frequency distribution. The research findings revealed that entrepreneurs perceived overall Thai language skills as highly essential for graduates in the digital era at the highest level Writing skills obtained the highest mean score, followed by listening skills .Regarding the skill gap analysis, two major problematic areas were identified: a lack of appropriateness regarding social context and grammatical errors resulting from the influence of social media slang (42.00%), and a lack of conciseness and precision in communication (32.00%). These findings reflect an urgent need for higher education institutions to reform Thai language curricula by emphasizing applied digital business communication to effectively meet labor market demands.

Keywords: Thai Language Skills, Digital Era, Entrepreneurs' Perspectives, Skill Gap, Newly Graduate Students

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีและนวัตกรรมกำลังเปลี่ยนแปลงโลกอย่างรวดเร็ว ทักษะการสื่อสารยังคงเป็นปัจจัยสำคัญในการประสบความสำเร็จในการทำงานและการดำเนินธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่ภาษาไทยยังคงเป็นภาษาหลักในการสื่อสารทั้งในภาคธุรกิจและในชีวิตประจำวัน

ภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อสาร เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสื่อสารทั้งการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความรู้สึก ความคิดและวัฒนธรรม ช่วยให้เกิดความเข้าใจซึ่งกันและกันในสังคม เสริมสร้างเอกภาพของชาติ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการศึกษาหาความรู้ เพราะมนุษย์ใช้ภาษาเกือบตลอดเวลาในการสร้างความสัมพันธ์กับบุคคลอื่น มนุษย์จึงเลือกใช้ภาษาในลักษณะต่าง ๆ ทั้งถ้อยคำ ตัวหนังสือ รูปภาพ หรือท่าทางต่าง ๆ เพื่อสื่อสารอย่างเหมาะสม (กิ่งกาญจน์ บูรณสินวัฒนกูล, 2562)

ทักษะการใช้ภาษาไทยในบริบทของการทำงานยุคดิจิทัลมีลักษณะแตกต่างจากอดีตอย่างชัดเจน เดิมการสื่อสารในองค์กรเน้นรูปแบบเอกสารราชการและจดหมายที่เป็นทางการเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันช่องทางการสื่อสารได้ขยายไปสู่อีเมล แอปพลิเคชันสนทนา เว็บไซต์ และสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งต้องอาศัยทักษะการเขียนที่กระชับ ถูกต้อง และปรับระดับภาษาให้เหมาะสมกับผู้รับสารในแต่ละช่องทางมากขึ้น ขณะเดียวกันตลาดแรงงานไทยก็กำลังเผชิญกับช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) ในสัดส่วนที่สูง โดยรายงานผลสำรวจตลาดแรงงานไทยล่าสุดชี้ว่าองค์กรจำนวนมากประสบปัญหาช่องว่างทางทักษะในสัดส่วนที่สูงถึงร้อยละ 67 และเริ่มปรับมาใช้แนวทางการจ้างงานตามทักษะ (Skills-based Hiring) ควบคู่กับการส่งเสริมการพัฒนาทักษะใหม่ให้กับพนักงานมากขึ้น (เดอะสแตนดาร์ด, 2568) ขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมไอที เทคโนโลยี และดิจิทัล ยังคงเป็นกลุ่มที่มีทิศทางการจ้างงานเติบโตต่อเนื่อง แม้ภาพรวมเศรษฐกิจไทยจะชะลอตัวลงก็ตาม (อเด็คโก้ ประเทศไทย, 2569) สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าองค์กรในยุคดิจิทัลไม่ได้ต้องการเพียงบุคลากรที่มีความรู้เชิงเทคนิคเท่านั้น แต่ยังคาดหวังทักษะการสื่อสารภาษาไทยที่สามารถปรับใช้ได้อย่างเหมาะสมกับบริบทการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

ทักษะการใช้ภาษาไทยในบริบทของการทำงานสมัยใหม่จึงอาจต้องปรับเปลี่ยนไปจากเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและภาคธุรกิจที่กำลังเปลี่ยนแปลง การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้เข้าใจถึงความคาดหวังของผู้ประกอบการ และช่องว่างทักษะที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการศึกษาในมหาวิทยาลัยกับความต้องการจริงในตลาดแรงงาน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษามุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัล และเพื่อวิเคราะห์ช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) ของบัณฑิตจบใหม่เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตร เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนภาษาไทยระดับอุดมศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้เข้าใจถึงความคาดหวังของผู้ประกอบการ และช่องว่างทักษะที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการศึกษาในมหาวิทยาลัยกับความต้องการจริงในตลาดแรงงาน ผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างและพัฒนาหลักสูตร การเตรียมความพร้อมของบัณฑิต และการวางแผนพัฒนาบุคลากรในองค์กรต่าง ๆ เพื่อรองรับความท้าทายในการใช้ภาษาไทยในบริบทการทำงานยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษามุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัล

2. เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) ของบัณฑิตจบใหม่เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตร

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปิยะ บูชา (2565) ได้ศึกษา การศึกษาทักษะจำเป็นของบัณฑิตไทยยุค 4.0 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคาดหวังของทักษะจำเป็นของบัณฑิตไทยยุค 4.0 และเพื่อพัฒนารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยทางจิตสังคมและพฤติกรรมที่ส่งผลต่อทักษะจำเป็นของบัณฑิตไทยยุค 4.0 ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะจำเป็นของบัณฑิตไทยยุค 4.0 ตามความคาดหวังของอาจารย์ ได้แก่ ทักษะการคิด

เชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา ทักษะการคิด ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะความร่วมมือและการทางานเป็นทีม และสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะความร่วมมือและการทำงานเป็นทีม

สรศักดิ์ เชี่ยวชาญ (2563) ได้ศึกษา ความต้องการพัฒนาทักษะทางภาษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะทางภาษาของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความต้องการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษมากที่สุด รองลงมา คือภาษาไทย และภาษาจีนตามลำดับ เหตุผลที่ต้องการพัฒนามากที่สุดคือ เพื่อใช้ในการประกอบ อาชีพ รองลงมาคือเพื่อใช้ในการสื่อสารชีวิตประจำวัน ตามมาด้วยเพื่อใช้ในการสมัครงาน สำหรับทักษะทางภาษาอังกฤษที่นักศึกษาต้องการพัฒนามากที่สุดคือ ทักษะการพูด สำหรับทักษะทางภาษาไทยที่ต้องการพัฒนามากที่สุดคือ ทักษะการเขียน และทักษะทางภาษาจีนที่ต้องการพัฒนามาก ที่สุดคือ ทักษะการพูด ด้านวิธีการพัฒนาทักษะทางภาษานักศึกษาเห็นว่าการเรียนด้วยตนเองผ่าน สื่อออนไลน์เป็นวิธีที่เหมาะสมมากที่สุด

เบญจวรรณ ศริกุล (2562) ได้ศึกษา ทักษะภาษาไทยเพื่อการสื่อสารสำหรับนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา กลุ่มภาคใต้ตอนบน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพปัจจุบันและสภาพความคาดหวังของทักษะภาษาไทยเพื่อการสื่อสารสำหรับนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษากลุ่มภาคใต้ตอนบน ผลการศึกษาพบว่า ทักษะภาษาไทยเพื่อการสื่อสารสำหรับนักศึกษาที่จำเป็นเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ทักษะการพูด (PNI = .49) รองลงมา คือ ทักษะการเขียน (PNI = .46) ทักษะการฟัง และทักษะการอ่าน (PNI = .42) ตามลำดับ

กฤตกาล ชาร์ลีย์ฑปภูผา (2561) ได้ศึกษา รูปแบบการสอนภาษาไทยระดับอุดมศึกษาในยุคดิจิทัล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมรูปแบบการสอนภาษาไทยระดับอุดมศึกษาในยุคดิจิทัล ผลการวิจัยที่ได้คือ ได้รูปแบบการสอนภาษาไทยที่เหมาะกับระดับ อุดมศึกษาในยุคดิจิทัล การเรียนรู้ภาษาเปรียบเสมือนเครื่องมือประการแรกที่จะทำให้มนุษย์มีความเข้าใจในสังคมมนุษย์ ด้วยกันอีกทั้งยังสำคัญต่อการเรียนรู้ศาสตร์อื่น ๆ โดยที่ต้องเรียนรู้จากภาษาแม่ของตนเองเป็นภาษาแรก จึงขยายต่อไปถึงการเรียนรู้ภาษาอื่นเป็นภาษาที่สอง ภาษาที่สามตามลำดับ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษามุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัลเพื่อสำรวจและวิเคราะห์มุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นสำหรับบัณฑิตในการทำงานในยุคดิจิทัล เพื่อศึกษาทักษะการใช้ภาษาไทยที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการทำงานในยุคดิจิทัล ตามมุมมองของผู้ประกอบการ และเพื่อเสนอแนะแนวทางในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรการสอนภาษาไทย ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในยุคดิจิทัล

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการและผู้ใช้บัณฑิตในประเทศไทยที่มีการรับบัณฑิตจบใหม่เข้าปฏิบัติงาน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการและผู้ใช้บัณฑิตในประเทศไทย จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1) เป็นสถานประกอบการหรือหน่วยงานที่มีการรับบัณฑิตจบใหม่เข้าปฏิบัติงานในตำแหน่งที่ต้องใช้ภาษาไทยเป็นเครื่องมือหลักในการสื่อสารในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา

2) ผู้ให้ข้อมูลเป็นผู้บริหารหรือหัวหน้างานที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมดูแลหรือประเมินผลการปฏิบัติงานของบัณฑิตจบใหม่ในหน่วยงาน

เครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นมุมมองของผู้ประกอบการต่อทักษะการใช้ภาษาไทยที่จำเป็นในการทำงานสำหรับบัณฑิตในยุคดิจิทัล โดยผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) ซึ่งพบว่ามีค่า IOC เฉลี่ยทั้งฉบับ เท่ากับ 0.76 ถือว่าสามารถนำมาใช้เก็บข้อมูลได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) เรียบร้อยแล้ว โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ แบบสอบถามประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) เพื่อวัดระดับความจำเป็นของทักษะ และแบบสอบถามปลายเปิด (Open-ended Questions) เพื่อจัดเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) จัดส่งแบบสอบถามในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Google Forms) แบบสอบถามรูปแบบเอกสาร และเดินทางไปยังสถานประกอบการไปยังกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการในประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ข้อมูลจากแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า

วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

โดยใช้เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนมาตราส่วน Likert 5 ระดับ ดังนี้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับความจำเป็นในระดับมากที่สุด
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับความจำเป็นในระดับมาก
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับความจำเป็นในระดับปานกลาง
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับความจำเป็นในระดับน้อย
ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับความจำเป็นในระดับน้อยที่สุด

2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ข้อมูลที่ได้จากคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับช่องว่างทางทักษะของบัณฑิต ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จัดกลุ่มประเด็นความถี่ แล้วนำเสนอในรูปแบบของค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อระบุสัดส่วนของปัญหาที่พบมากที่สุดตามมุมมองของผู้ประกอบการ

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ระดับความจำเป็นของทักษะการใช้ภาษาไทยในยุคดิจิทัล

ผลการวิเคราะห์ระดับความจำเป็นของทักษะการใช้ภาษาไทยในยุคดิจิทัลรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความจำเป็นของทักษะการใช้ภาษาไทยในยุคดิจิทัล

ด้านทักษะภาษาไทยในยุคดิจิทัล	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความจำเป็น
1. ด้านการเขียนเชิงธุรกิจดิจิทัล	**4.68**	**0.47**	**มากที่สุด**
1.1 การเขียนอีเมลนัดหมายและติดต่อประสานงาน	4.72	0.45	มากที่สุด
1.2 การเขียนคอนเทนต์หรือข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์	4.64	0.49	มากที่สุด
2. ด้านการพูดและการนำเสนอ	**4.52**	**0.52**	**มากที่สุด**
2.1 การนำเสนองานผ่านระบบออนไลน์ (Online Pitching)	4.56	0.50	มากที่สุด
2.2 การเจรจาต่อรองและการสื่อสารในสภาวะวิกฤต	4.48	0.54	มาก
3. ด้านการอ่านจับใจความและคิดวิเคราะห์	**4.48**	**0.55**	**มาก**
3.1 การอ่านสรุปประเด็นจากข้อมูลดิจิทัลปริมาณมาก	4.48	0.55	มาก
รวมเฉลี่ยทุกด้าน	**4.56**	**0.51**	**มากที่สุด**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมพบว่า ผู้ประกอบการเห็นว่าทักษะการใช้ภาษาไทยมีความจำเป็นต่อการทำงานของบัณฑิตในยุคดิจิทัลอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56, S.D.= 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดอันดับแรกคือ ด้านการเขียนเชิงธุรกิจดิจิทัล ($\bar{x}$ = 4.68, S.D.= 0.47) อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการพูดและการนำเสนอ ($\bar{x}$ = 4.52, S.D.= 0.52) อยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการอ่านจับใจความและคิดวิเคราะห์ ($\bar{x}$ = 4.48, S.D.= 0.55) อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) ของบัณฑิตจบใหม่

จากการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับประเด็นปัญหาและช่องว่างทางทักษะการใช้ภาษาไทยที่พบจริงในกลุ่มบัณฑิตจบใหม่ในมุมมองของผู้ประกอบการ พบประเด็นสำคัญที่สามารถจำแนกออกเป็น 2 ด้านหลัก ดังนี้

1. **ปัญหาการไม่รู้กาลเทศะและความบกพร่องทางอักขรวิธี**
   ผู้ประกอบการระบุว่า บัณฑิตจบใหม่มักประสบปัญหาการขาดทักษะในการจำแนกบริบทของการใช้ภาษา โดยติดนิสัยการใช้ภาษาพูด ภาษาแสลง หรือคำย่อที่นิยมใช้ในสื่อสังคมออนไลน์ (เช่น ตัวเอง = ตะเอง, สภาพ, นอยด์) นำมาปะปนในหนังสือติดต่อราชการ การรายงานผลการดำเนินงาน ตลอดจนการเขียนอีเมลประสานงานทางการแก่ลูกค้า ซึ่งส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือขององค์กร
2. **ปัญหาการสื่อสารที่ขาดความกระชับ**
   ผู้ประกอบการสะท้อนว่า บัณฑิตขาดทักษะในการกลั่นกรอง สรุปความ และจับใจความสำคัญ (Key Message) ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลเยิ่นเย้อและไม่ตรงประเด็น ซึ่งไม่สอดรับกับการทำงานในยุคดิจิทัลที่เน้นความกระชับ รวดเร็ว และแม่นยำ

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละของประเด็นปัญหาและช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) การใช้ภาษาไทยของบัณฑิตจบใหม่

อันดับ	ประเด็นช่องว่างทางทักษะที่พบในบัณฑิตจบใหม่	ร้อยละ (%)	แนวโน้มพฤติกรรมที่เป็นปัญหา
1	**ปัญหาการไม่รู้กาลเทศะและความบกพร่องทางอักขรวิธี**	42.00	ขาดทักษะการจำแนกบริบทของการใช้ภาษา มักติดนิสัยการใช้ภาษาพูด ภาษาแสลง หรือคำย่อจากโซเชียลมีเดียปะปนในงานทางการ เช่น อีเมลนัดหมายหรือหนังสือติดต่อธุรกิจ
2	**ปัญหาการสื่อสารที่ขาดความกระชับ**	32.00	ขาดทักษะการกลั่นกรองและสรุปใจความสำคัญ (Key Message) ส่งผลให้การสื่อสารเยิ่นเย้อ ไม่ตอบโจทย์การทำงานดิจิทัลที่เน้นความเร็ว
-	**อื่น ๆ / ไม่พบปัญหาเด่นชัด**	26.00	บัณฑิตสามารถปรับตัวได้ตามเกณฑ์ หรือพบปัญหาน้อยในด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะการฟัง
	รวม	100.00	

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผู้ประกอบการให้ความสำคัญและมีความคาดหวังต่อทักษะการใช้ภาษาไทยของบัณฑิตในยุคดิจิทัลในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.56, S.D.= 0.51) โดยมีความจำเป็นเร่งด่วนในด้านการเขียนเชิงธุรกิจดิจิทัลมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.68, S.D.= 0.47) โดยเฉพาะพฤติกรรมการเขียนอีเมลนัดหมายและประสานงาน อย่างไรก็ตาม ในบริบทการทำงานจริงยังคงมีช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap) ของบัณฑิตจบใหม่ที่สำคัญ คือ ปัญหาการใช้ระดับภาษาที่ไม่เหมาะสมกับกาลเทศะ การติดสำนวนภาษาจากสื่อสังคมออนไลน์ และการสื่อสารที่ขาดความกระชับ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องนำไปปรับปรุงในหลักสูตรและการเรียนการสอน

อภิปรายผล

จากข้อค้นพบของการวิจัย มีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลร่วมกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ 3 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. **ความสำคัญของทักษะการเขียนเชิงธุรกิจในแพลตฟอร์มดิจิทัล**

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ด้านการเขียนเชิงธุรกิจดิจิทัล มีระดับความจำเป็นสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.68, S.D.= 0.47) สะท้อนว่าแม้เทคโนโลยีจะก้าวหน้าไปเพียงใด ตัวอักษรและการเขียนยังคงเป็นเครื่องมือหลักในการขับเคลื่อนและสร้างความน่าเชื่อถือทางธุรกิจ สอดคล้องกับแนวคิดของ **กิ่งกาญจน์ บูรณสินวัฒนกุล (2562)** ที่ระบุว่า มนุษย์ใช้ภาษาเกือบตลอดเวลาเพื่อสร้างความสัมพันธ์และสื่อสารความคิด ความรู้สึก และวัฒนธรรม โดยเลือกใช้ภาษาในลักษณะต่าง ๆ ทั้งถ้อยคำและตัวหนังสือให้เหมาะสมกับบริบท ในยุคดิจิทัลที่ช่องทางการสื่อสารเปลี่ยนไปสู่ระบบออนไลน์ การเขียนจึงยิ่งทวีความสำคัญในฐานะตัวแทนภาพลักษณ์ขององค์กร

2. **อิทธิพลของสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลต่อช่องว่างทางทักษะ (Skill Gap)**

ประเด็นที่ผู้ประกอบการพบปัญหาบัณฑิตใช้ภาษาพูดหรือภาษาแสลงติดมาจากสื่อสังคมออนไลน์ถึงร้อยละ 42 แสดงให้เห็นว่า บัณฑิตรุ่นใหม่ยังขาดกระบวนการคิดวิเคราะห์คัดกรองระดับภาษาที่เหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ **ปิยะ บูชา (2565)** ที่ค้นพบว่า ทักษะจำเป็นของบัณฑิตไทยยุค 4.0 ตามความคาดหวังของอาจารย์ คือ ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา ทักษะการคิด และทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต เมื่อบัณฑิตขาดทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) ในส่วนนี้ จึงส่งผลให้เกิดความล้มเหลวในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างพื้นที่สื่อสารส่วนบุคคลและพื้นที่การสื่อสารเชิงวิชาชีพ

3. **ความจำเป็นในการปรับปรุงหลักสูตรอุดมศึกษาให้ตอบโจทย์ตลาดแรงงาน**

ช่องว่างระหว่างระดับความต้องการของผู้ประกอบการกับพฤติกรรมการสื่อสารจริงของบัณฑิต เป็นสิ่งตอกย้ำข้อค้นพบของ **สรศักดิ์ เชี่ยวชาญ (2563)** ที่ศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะทางภาษาของนักศึกษาและพบว่า นักศึกษายังคงต้องการการพัฒนาทักษะประยุกต์เพื่อการทำงานจริง การจัดการเรียน

การสอนภาษาไทยในระดับอุดมศึกษาจึงไม่อาจจำกัดอยู่เพียงหลักภาษาเชิงทฤษฎีหรือวรรณคดีดั้งเดิม แต่ต้องปฏิรูปให้เป็น "ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารเชิงพาณิชย์ดิจิทัล" เพื่อลดช่องว่างทางทักษะและผลิตบัณฑิตที่พร้อมทำงานได้ทันที (Ready to Work)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) สถาบันอุดมศึกษาควรบรรจุเนื้อหาการเขียนเชิงธุรกิจดิจิทัล เช่น การเขียนอีเมลประสานงานและการเขียนเนื้อหาสื่อสารองค์กรบนสื่อสังคมออนไลน์ ไว้ในรายวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร

2)จัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรหรือการอบรมเชิงปฏิบัติการที่ฝึกให้นักศึกษาแยกแยะระดับภาษาระหว่างการสื่อสารส่วนบุคคลบนสื่อสังคมออนไลน์กับการสื่อสารเชิงวิชาชีพ เพื่อลดปัญหาการติดสำนวนภาษาแสลง

3) ควรฝึกทักษะการสรุปความและการเขียนอย่างกระชับ (Concise Writing) ให้กับนักศึกษา เพื่อลดปัญหาการสื่อสารที่เยิ่นเย้อและไม่ตรงประเด็นตามที่ผู้ประกอบการสะท้อน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมผู้ประกอบการในหลากหลายอุตสาหกรรมและภูมิภาคมากขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปสู่ประชากรในวงกว้าง

6. เอกสารอ้างอิง

กิ่งกาญจน์ บูรณสินวัฒนกูล (2562). ภาษาไทยพื้นฐาน (Basic THai).นนทบุรี: สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด.

กฤตกาล ชาร์ลีย์ฑปภูผา (2561). รูปแบบการสอนภาษาไทยระดับอุดมศึกษาในยุคดิจิทัล. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่).

เดอะสแตนดาร์ด. (2568). ตลาดแรงงานไทย ปี 2569 เผชิญช่องว่างทักษะพุ่งสูง 67% องค์กรเร่งหันสู่ ‘การจ้างงานตามทักษะ’. สืบค้นจาก https://thestandard.co/skills-gap-67-percent-ai/

ปิยะ บูชา (2565). การศึกษาทักษะจำเป็นของบัณฑิตไทยยุค 4.0.วารสารราชพฤกษ์, 20(2), 99-112.

เบญจวรรณ ศริกุล (2562). การศึกษาทักษะภาษาไทยเพื่อการสื่อสารสำหรับนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา กลุ่มภาคใต้ตอนบน.วารสารสุทธิปริทัศน์, 33(108), 90-105.

สรศักดิ์ เชี่ยวชาญ (2563). ความต้องการพัฒนาทักษะทางภาษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน.*วารสารวิชาการ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 7(1) , 64-76.

อเด็คโก้ ประเทศไทย. (2569). Adecco Thailand Salary Guide 2026. สืบค้นจาก https://www.adecco.com/th-th/news-events/salaryguide-2026-press-release.

การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย

ธัญวรัตน์ ผ่องแผ้ว,[1] ประจวบ จันทร, [2] ประชุม ปิ่นสกุล, อุทัย ไทยกรรณ์และณฐกร สุขสม

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

Juntorn042502@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย ตามเพศรวมจำนวน 86 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test) และค่าความถี่

จากการศึกษาพบว่า การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดถึงต่ำสุด ดังนี้ ด้านรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านรักความเป็นไทย อยู่ในระดับมากที่สุด อยู่ในระดับมาก ด้านมีวินัย ด้านซื่อสัตย์สุจริต อยู่ในระดับมาก ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน อยู่ในระดับมาก ด้านอยู่อย่างพอเพียง อยู่ในระดับมาก ด้านมีจิตสาธารณะ อยู่ในระดับมาก ด้านใฝ่เรียนรู้ อยู่ในระดับมาก

การเปรียบเทียบระดับการมีส่วนร่วมของกลุ่มตัวอย่างซึ่งจำแนกตามเพศ พบว่า ผู้ปกครองเพศชายและเพศหญิงมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในภาพรวมและรายด้าน

คำสำคัญ ; การมีส่วนร่วม, การส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์,

PARENTAL INVOLVEMENT IN PROMOTING STUDENTS' DESIRABLE CHARACTERISTICS AT BAN DAN SCHOOL, SUKHOTHAI PROVINCE

Thanwarat Phongphaeo[1] and Prachaub Juntorn[2]
Juntorn042502@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted with two primary objectives: (1) to investigate the level of parental involvement in promoting students' desirable characteristics at ban dan school, Sukhothai province and (2) to compare the level of parental involvement in promoting students' desirable characteristics at ban dan school, Sukhothai province by gender. The study sample comprised 86 participants. A five-point Likert scale questionnaire was employed as the primary data collection instrument. Descriptive statistics including mean scores, standard deviation, independent samples t-test, and frequency distribution were utilized for data analysis.

The findings revealed that parental involvement in promoting students' desirable characteristics at ban dan school, Sukhothai province was overall at a high level. When examined by individual dimensions in descending order of mean scores, patriotism, nationhood, and respect for the monarchy demonstrated the highest level of development; love for Thai culture was at the very high level; discipline and honesty and integrity were at the high level; commitment to work was at the high level; sufficiency economy was at the high level; public-mindedness was at the high level; and love of learning was at the high level. The comparative analysis between male and female parents indicated no statistically significant differences at the 0.05 significance level in either the overall or dimensional levels of parental involvement in developing desirable characteristics of students.

Keywords: Participation, Promotion of Desirable Characteristics.

1.บทนำ

ระบบการศึกษาไทยในปัจจุบันมีเป้าหมายสำคัญในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน ตามนโยบายการศึกษาแห่งชาติและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ: 2551) ระบบการศึกษามุ่งหวังให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดีงาม เช่น มีจิตสำนึก ความรับผิดชอบ และจิตสาธารณะ อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมคุณลักษณะดังกล่าวไม่ควรจำกัดให้อยู่เพียงแค่สถานศึกษา แต่ต้องอาศัยการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องจากสถาบันหลัก นั่นคือ ครอบครัว เนื่องจากครอบครัวถือเป็นสถาบันสังคมแรกและสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการส่งเสริมพฤติกรรม คุณลักษณะ และคุณธรรมของเด็กตั้งแต่เล็ก (ลลิตา ศรีวัฒน์: 2565)

บทบาทของผู้ปกครองในการส่งเสริมบุตรหลานนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง ผู้ปกครองเป็นบุคคลที่มีอิทธิพลอย่างมีประสิทธิผลต่อการเลี้ยงดู การปลูกฝัง และการส่งเสริมคุณลักษณะนิสัยของบุตร (วสันต์ มูลอักษร, 2564) นักเรียนใช้เวลาส่วนใหญ่ของวันในสถานแวดล้อมครอบครัว ซึ่งมากกว่าเวลาที่ใช้ในการเรียนที่โรงเรียน ดังนั้น ผู้ปกครองจึงมีโอกาสอย่างมากในการฝึกฝน ปลูกฝัง และสร้างแบบอย่างที่ดีในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น ความมีวินัย ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ความเคารพและการยอมรับผู้อื่น และการมีระเบียบวินัยในการใช้ชีวิตประจำวัน

ในบริบทของโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย พบว่านักเรียนบางคนยังมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น ปัญหาด้านพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม การขาดวินัย การไม่เห็นความสำคัญของการเรียน และการขาดความพร้อมในการเรียนรู้ ปัญหาเหล่านี้ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากระดับของการมีส่วนร่วมและระดับของความตระหนักรู้ของผู้ปกครองต่อบทบาทของตนเองในการส่งเสริมลูก (ดำเนิน ชินไทย: 2564) ดังนั้น การสำรวจและศึกษาเรื่องนี้จึงเป็นการค้นหาวิธีการและแนวทางที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิผลของการร่วมมือระหว่างบ้านและโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนได้รับการ ส่งเสริมอย่างสมบูรณ์

ผลการศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญต่อหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเด็นนี้มีความสำคัญต่อนักเรียนเป็นอันดับแรก เนื่องจากการได้รับการสนับสนุนแนวทาง และการมีส่วนร่วมอย่างสม่ำเสมอจากทั้งโรงเรียนและบ้าน จะช่วยให้นักเรียนส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผล (ชุติมา พรหมมา และ สุนีย์ ภูมิสิทธิ์: 2563) ผู้ปกครองสามารถได้รับแนวทาง คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ข้อมูล และความรู้ที่ชัดเจนจากสถาบันการศึกษา เพื่อนำมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมในการเลี้ยงดู ส่งเสริมและสร้างแบบอย่างให้ลูกนอกห้องเรียน รวมทั้งการสร้างสภาพแวดล้อมครอบครัวที่ส่งเสริมการเรียนรู้และการ ส่งเสริมคุณลักษณะดี ยิ่งไปกว่านั้น การศึกษานี้มีความสำคัญต่อโรงเรียนบ้านด่านอย่างมิอาจมองข้าม เนื่องจากผลการศึกษาจะช่วยให้โรงเรียนปรับปรุง ยกระดับ และส่งเสริมคุณภาพการศึกษาได้อย่างแท้จริง (ลลิตา ศรีวัฒน์: 2565)

นอกจากนี้ ยังสามารถสร้างและเสริมสร้างความร่วมมือ ความเข้าใจ และความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสถานศึกษากับครอบครัวและชุมชน ในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนอย่างบูรณาการ การศึกษานี้ยังช่วยให้โรงเรียนเข้าใจถึงสภาพความเป็นจริง ปัญหา ความต้องการ และความคาดหวังของผู้ปกครอง เพื่อการวางแผน การออกแบบโครงการและการบริหารจัดการการศึกษาได้อย่างชาญฉลาด มีเหตุผล และตรงกับความต้องการของนักเรียน ผู้ปกครอง และชุมชนในระดับสูงสุด ผลการศึกษานี้มีความสำคัญต่อการส่งเสริมสังคมและประเทศชาติ เด็กและเยาวชนที่มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่ดี ประกอบด้วยคุณธรรม มีจิตสำนึก ความรับผิดชอบต่อสังคม ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล และทักษะการแก้ไขปัญหา จะเป็นพลเมืองที่มีคุณค่า มีการศึกษา และสามารถมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์และสมควรในการส่งเสริมประเทศชาติ ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการศึกษา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ การเมือง และการสังคม (ดำเนิน ชินไทย: 2564)

โรงเรียนบ้านด่าน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย เป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 1 ที่มีพันธกิจในการส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณภาพทั้งด้านวิชาการและคุณลักษณะตามมาตรฐานการศึกษา ทั้งยังมี

ความเชื่อมโยงกับชุมชนและครอบครัวอย่างใกล้ชิด การศึกษารูปแบบและระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการ ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนในบริบทของโรงเรียนบ้านด่านจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ เพื่อให้สามารถ ส่งเสริมกลยุทธ์หรือแนวทางในการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างบ้านกับโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย เพื่อวิเคราะห์ระดับและรูปแบบของการมีส่วนร่วม ตลอดจนปัจจัยที่ส่งผลต่อการส่งเสริมนักเรียนในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ อันจะนำไปสู่การสร้างแนวทางในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมที่เหมาะสม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการศึกษาให้เกิดประสิทธิผลยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย
2. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยจำแนกตามเพศ

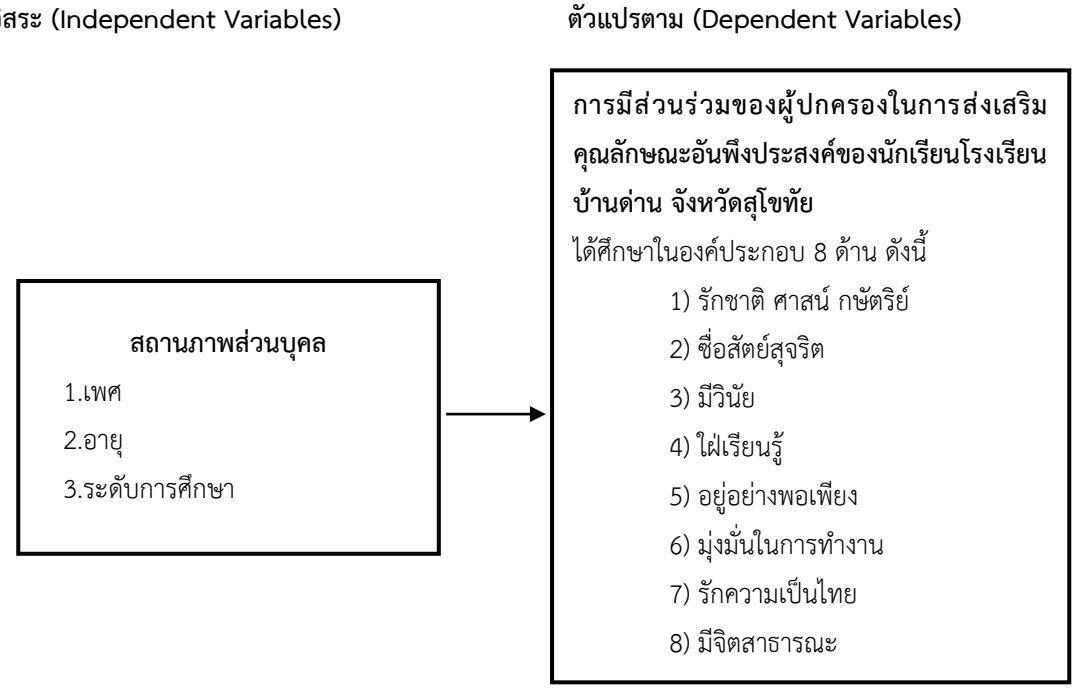
สมมุติฐานงานวิจัย

สถานภาพส่วนบุคลของผู้ปกครอง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยจำแนกตามเพศ แตกต่างกัน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีแนวความคิดและทฤษฎี ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ 1. การมีส่วนร่วม ได้แก่ ความหมายของการมีส่วนร่วม ความสำคัญของการมีส่วนร่วม ลักษณะของการมีส่วนร่วม องค์ประกอบของการมีส่วนร่วม ประโยชน์ของการมีส่วนร่วม 2. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ ความหมายของคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ความสำคัญของคุณลักษณะอันพึงประสงค์ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ อยู่อย่างพอเพียง มุ่งมั่นในการทำงาน รักความเป็นไทย มีจิตสาธารณะ 3.งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและ5) กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องการศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย เป็นการเสนอวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งจะกล่าว ในรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จำนวน 110 คน

- กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จำนวนทั้งสิ้น 86 คน ซึ่งได้มาโดยใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ของตารางเครจซีและมอร์แกน (Krejcie; & Morgan. 1970) และใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการ ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย ครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ตำแหน่งเพศ อายุ และระดับการศึกษา ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน ซึ่งศึกษาใน 8 ด้าน ได้แก่ 1) รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ 2) ซื่อสัตย์สุจริต 3) มีวินัย 4) ใฝ่เรียนรู้ 5) อยู่อย่างพอเพียง 6) มุ่งมั่นในการทำงาน 7) รักความเป็นไทย 8) มีจิตสาธารณะ

ตอนที่ 3 เป็นส่วนของข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการ ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน

ซึ่งผู้ศึกษาได้สร้างลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ตามแบบของไลเคอร์ท มี 5 ระดับ ความคิดเห็น

5 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมาก
3 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง
2 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย
1 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา

2.กำหนดขอบเขตของคำถามให้ครอบคลุมองค์ประกอบที่ทำให้ทราบถึงการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง

3.นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity)ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ

และวิจารณ์คำถามแต่ละข้อเพื่อให้ตรงตามเนื้อหา และตรงตามตัวชี้วัดที่ต้องการและครอบคลุมเนื้อหาก่อนนำมาแก้ไข ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องจำแนกเป็นรายข้อ โดยวิธี Item – total Correlation โดยได้ค่า IOC แบบสอบถามทั้งฉบับอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

4.นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะขอผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองจัง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 1 จำนวน 30 คน

5.นำแบบสอบถามไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีของ Cronbach's Alpha (1990: 81) หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.845 สามารถนำไปใช้ได้ โดยค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามในการศึกษาครั้งนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ศึกษาได้ดำเนินการดังนี้

1.ขอหนังสือรับรองและแนะนำตัวผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยพิษณุโลกไปถึงผู้บริหารสถานศึกษาของโรงเรียนบ้านด่าน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 1 เพื่อขออนุญาตเข้าทำการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง

2. ผู้ศึกษาวิจัยนำแบบสอบถามไปส่งให้ผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 1 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3. รวบรวมข้อมูลแบบสอบถามทั้งหมดที่ได้มาดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามที่รวบรวมทั้งหมดและดำเนินการดังนี้

1. ข้อมูลส่วนที่ 1 สถานภาพส่วนบุคลของกลุ่มตัวอย่าง โดยการแจกแจงความถี่ คิดเป็นค่าร้อยละ

2. ข้อมูลส่วนที่ 2 การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยภาพรวมและรายด้าน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถาม กำหนดดังนี้

การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองมากที่สุด	กำหนดคะแนนให้ 5 คะแนน
การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองมาก	กำหนดคะแนนให้ 4 คะแนน
การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองปานกลาง	กำหนดคะแนนให้ 3 คะแนน
การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองน้อย	กำหนดคะแนนให้ 2 คะแนน
มีส่วนร่วมของผู้ปกครองน้อยที่สุด	กำหนดคะแนนให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การแปลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 119)

ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40	หมายถึง	มีการดำเนินการปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมน้อยที่สุด

3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ โดยการทดสอบทางสถิติแบบที t-test (Independent Sample)

4. วิเคราะห์ข้อมูลสรุปข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ศึกษาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยใช้สูตร การหาค่า IOC
2. สถิติพื้นฐาน ใช้ค่าร้อยละ ค่าความถี่
3. หาค่าเฉลี่ย และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation)
4. สูตรหาค่า t-test (Independent samples)

4. ผลการวิจัย

1) ผลการวิจัยจากการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย ในภาพรวมและรายด้าน

การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับการปฏิบัติ
1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์	4.64	0.19	มากที่สุด
2. ซื่อสัตย์สุจริต	4.47	0.11	มาก
3. มีวินัย	4.36	0.14	มาก
4. ใฝ่เรียนรู้	4.06	0.16	มาก
5. อยู่อย่างพอเพียง	4.27	0.20	มาก
6. มุ่งมั่นในการทำงาน	4.47	0.13	มาก
7. รักความเป็นไทย	4.56	0.29	มากที่สุด
8. มีจิตสาธารณะ	4.14	0.04	มาก
รวมเฉลี่ย	**4.37**	**0.07**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.37, S.D. = 0.07) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.19) รองลงมาคือ ด้านรักความเป็นไทย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.29) ด้านซื่อสัตย์สุจริต อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.47, S.D. = 0.11) ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.47, S.D. = 0.11) ด้านมีวินัย อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.36, S.D. = 0.14) ด้านอยู่อย่างพอเพียง อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.20) ด้านมีจิตสาธารณะ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.14, S.D. = 0.04) และด้านใฝ่เรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.06, S.D. = 0.16) ตามลำดับ

2) ผลการเปรียบเทียบเกี่ยวกับระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย จำแนกตามเพศ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย จำแนกตามเพศ

ที่	ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนฯ	เพศชาย		เพศหญิง		t.	p
		$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
1.	รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์	4.25	0.58	4.30	0.64	0.352	0.726
2.	ซื่อสัตย์สุจริต	4.10	0.55	4.18	0.63	0.571	0.570
3.	มีวินัย	4.18	0.60	4.24	0.65	0.421	0.675
4.	ใฝ่เรียนรู้	3.92	0.62	4.01	0.68	0.599	0.551
5.	อยู่อย่างพอเพียง	4.02	0.64	4.07	0.67	0.340	0.735
6.	มุ่งมั่นในการทำงาน	4.08	0.58	4.14	0.64	0.428	0.670
7.	รักความเป็นไทย	4.15	0.61	4.20	0.66	0.348	0.729
8.	มีจิตสาธารณะ	3.88	0.65	3.95	0.70	0.458	0.648
	เฉลี่ย	**4.07**	**0.03**	**4.14**	**0.02**	**0.486**	**0.628**

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของผู้ปกครองเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย จำแนกตามเพศ ในภาพรวม พบว่า ผู้ปกครองเพศชายมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.07, S.D. = 0.03) และผู้ปกครองเพศหญิงมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.14, S.D. = 0.02) เมื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นระหว่างเพศพบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 0.486, p = 0.628) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

ผลจากการศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยภาพรวมทั้ง 8 ด้าน พบว่า ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ปกครองส่วนใหญ่มีการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เพื่อส่งเสริมและส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ให้แก่นักเรียนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการ ส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนเป็นรายด้าน สามารถเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยสูงสุดไปหาต่ำสุด ดังนี้

ด้านรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบกับคุณลักษณะอื่น ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้ปกครองส่วนใหญ่ให้ความสำคัญและมีการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อปลูกฝังความรักชาติ เคารพศาสนา และเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

ด้านรักความเป็นไทย โดยภาพรวม ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านรักความเป็นไทยอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ปกครองให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และสืบสานวัฒนธรรมไทยให้แก่ลูกหลานอย่างต่อเนื่อง

ด้านซื่อสัตย์สุจริต โดยภาพรวม ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านซื่อสัตย์สุจริตอยู่ในระดับมาก ซึ่งบ่งชี้ว่าผู้ปกครองมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันค่อนข้างสูงในการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความซื่อสัตย์สุจริตให้แก่นักเรียน

ด้านมุ่งมั่นในการทำงาน ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ปกครองส่วนใหญ่มีการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความมุ่งมั่นในการทำงานให้แก่นักเรียน

ด้านมีวินัย ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านมีวินัย อยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงว่าคำตอบของผู้ปกครองมีความสอดคล้องกันค่อนข้างสูง

ด้านอยู่อย่างพอเพียง ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านอยู่อย่างพอเพียงอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้ปกครองตระหนักถึงความสำคัญของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและพยายามปลูกฝังให้แก่นักเรียน

ด้านมีจิตสาธารณะ โดยภาพรวม ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านมีจิตสาธารณะอยู่ในระดับมาก สะท้อนให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการปลูกฝังจิตสาธารณะให้แก่นักเรียนยังมีความถี่และความต่อเนื่องน้อยกว่าคุณลักษณะอื่น

ด้านใฝ่เรียนรู้ ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะด้านใฝ่เรียนรู้อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยรองจากด้านสุดท้าย แม้จะอยู่ในระดับมาก แต่ยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าคุณลักษณะอื่นส่วนใหญ่

อภิปรายผล

จากการศึกษา พบว่า การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนบ้านด่าน จังหวัดสุโขทัย โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะผู้ปกครองตระหนักถึงความสำคัญของบทบาทในการร่วมส่งเสริมบุตรหลานให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามที่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนด และมีการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เพื่อส่งเสริมและส่งเสริมคุณลักษณะดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง โดยผู้ปกครองได้มีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทั้ง 8 ด้าน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่ผู้ปกครองมีส่วนร่วมสูงสุด คือ ด้านรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ อยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากผู้ปกครองให้ความสำคัญกับการปลูกฝังความรักชาติ ความเคารพศาสนา และความจงรักภักดีต่อสถาบันพระมหากษัตริย์ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของสังคมไทย โดยผู้ปกครองได้มีการปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม เช่น การสนับสนุนให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมวันสำคัญของชาติและสถาบันพระมหากษัตริย์ การปลูกฝังให้นักเรียน และด้านที่ผู้ปกครองมีส่วนร่วมน้อยที่สุด คือ ด้านใฝ่เรียนรู้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อเทียบกับคุณลักษณะทั้ง 8 ด้าน แม้จะยังอยู่ในระดับมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะผู้ปกครองบางส่วนมีข้อจำกัดด้านเวลา ทรัพยากร หรือความรู้ความสามารถในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน โดยเฉพาะการร่วมทำกิจกรรมอ่านหนังสือกับนักเรียนที่บ้านและการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมเสริมความรู้ภายนอกโรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจับของ พิศาล เครือลิต (2565: 134) เรื่อง การส่งเสริมหลักสูตรเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัย พบว่า 1. คุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากการสัมภาษณ์นักเรียน ผู้ปกครองและผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า นักเรียนมีคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงอยู่ในระดับน้อยและมีความต้องการที่ได้รับการส่งเสริมคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ 1) ความพอประมาณ 2) ความมีเหตุผล 3) การมีภูมิคุ้มกันที่ดี และมีแนวทางในการส่งเสริมเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง โดยการจัดทำเป็นหลักสูตรเสริมเพื่อส่งเสริมคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงที่เน้นการจัดการเรียนรู้เชิงรุก มีการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงโดยผสานแนวคิดคุณลักษณศึกษาของลิคโคนา (Lickona, 1992) ที่มีองค์ประกอบสำคัญของคุณลักษณะที่ดีเชื่อมประสาน ปฏิสัมพันธ์กันในด้านการรู้คิดเชิงจริยธรรม ความสำนึกเชิงจริยธรรม และการปฏิบัติการเชิงจริยธรรมด้วยการเตรียมสร้างประสบการณ์รับรู้ เรียนรู้สิ่งใหม่ผสานกับความรู้เดิมสะท้อนความคิดเชื่อมโยงกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสร้างความรู้และประยุต์ใช้และกำหนดคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติตนและฝึกฝนอย่างต่อเนื่องจนเกิดกลายเป็นคุณลักษณะที่คงทนในการดำเนินชีวิต 2. หลักสูตรเสริมสร้าง

คุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีองค์ประกอบของหลักสูตร 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการของหลักสูตร 2) จุดมุ่งหมายของหลักสูตร 3) โครงสร้างกิจกรรมและประสบการณ์ 4) แนวการจัดกิจกรรม 5) สื่อและแหล่งเรียนรู้ 6) แนวทางการวัดและประเมินผล จากการประเมินหลักสูตรที่ส่งเสริมขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และผลการทดลองนำร่องพบว่า มีควาเป็นไปได้ในการนำไปใช้ 3. ผลการทดลองใช้พบว่า 1) คุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงของนักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยหลักสูตรหลักสูตรเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในภาพรวมมีคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า การมีภูมิคุ้มกันที่ดี มีระดับคุณลักษณะมาก ความมีเหตุผล มีระดับคุณลักษณะมาก และความพอประมาณมีระดับคุณลักษณะปานกลาง ตามลำดับ และผลการสังเกตพฤติกรรมพบว่านักเรียนมีการแสดงออกถึงพฤติกรรมของการมีคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงด้านความพอประมาณ มีวิธีการคิดตัดสินใจเลือกสินค้าอุปโภคและบริโภคจากการร่วมกิจกรรมนักสำรวจตลาดรุ่นเยาว์สามารถประมาณรายได้กับราคาสินค้าแบบพอดี พอเพียง ความความสามารถโดยนำหลักความมีเหตุผลมาประกอบการตัดสินใจอย่างรอบคอบคำนึงถึง ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ชีวิตจริงและสอดคล้องกับการมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีภูมิคุ้มกันที่ดี ซึ่งจากการร่วมกิจกรรมเจาะใจภูมิคุ้มกันนักเรียนได้ลงมือฝึกทำบัญชีครัวเรือนแสดงรายรับรายจ่ายบัญชีการออมทรัพย์ของตนนอกจากนี้นักเรียนยังได้ศึกษาแหล่งเรียนรู้ภายในศูนย์การเรียนรู้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงนักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความกระตือรือร้นสนใจใฝ่เรียนรู้ตามฐานการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่จัดไว้ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในแต่ละฐานการเรียนรู้และนักเรียนสามารถปฏิบัติตนเป็นผู้ที่มีคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงในการดำเนินชีวิตประจำวันได้ 2) คุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยหลักสูตรเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียน มีคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง หลังเรียนด้วยหลักสูตรเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียง ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) การประเมินผลหลักสูตรเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้เรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้หลังการทดลองใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมากที่สุด

สำหรับการเปรียบเทียบระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองจำแนกตามเพศ พบว่า ผู้ปกครองเพศชายและเพศหญิงมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในภาพรวมและรายด้าน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ปกครองทั้งเพศชายและเพศหญิงต่างให้ความสำคัญและมีส่วนร่วมในการส่งเสริมบุตรหลานในระดับที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในปัจจุบันบทบาทของพ่อและแม่ในการเลี้ยงดูบุตรมีความเท่าเทียมกันมากขึ้น โดยพ่อและแม่ต่างมีส่วนร่วมในการดูแลและส่งเสริมบุตรหลานร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจับของธนวรรณ เห็มบาสัตย์ (2565: 16) เรื่อง การส่งเสริมรูปแบบคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านจิตสาธารณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาฬสินธุ์ เขต 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) องค์ประกอบและตัวชี้วัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านจิตสาธารณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบและ 35 ตัวชี้วัด 2) สภาพปัจจุบัน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง สภาพที่พึงประสงค์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านที่มีความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมมากที่สุดคือ ด้านการรับผิดชอบในการใช้ของส่วนรวม รองลงมาคือด้านการถือเป็นหน้าที่ ด้านการเคารพสิทธิ ด้านการเข้าร่วมปฏิบัติกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ และด้านการช่วยเหลือผู้อื่นด้วยความเต็มใจ 3) รูปแบบการส่งเสริมประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. หลักการ 2. วัตถุประสงค์ 3. กระบวนการจัดกิจกรรม 4. วิธีดำเนินการ 5. กิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเท่ากับ 53.83 หลังการทดลองเท่ากับ 86.90 หมายความว่าหลังการทดลองของนักเรียนสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อย่างไรก็ตาม แม้ผลการวิจัยจะพบว่าผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนอยู่ในระดับมาก แต่ยังมีข้อเสนอแนะและความต้องการที่สำคัญจากผู้ปกครอง ได้แก่ การจัดอบรมความรู้ให้กับผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ การเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ การสื่อสารกับผู้ปกครองอย่างต่อเนื่อง และการจัดทำคู่มือแนวทางสำหรับผู้ปกครอง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้ปกครองมีความต้องการที่จะได้รับความรู้และคำแนะนำในการส่งเสริมบุตรหลานมากขึ้น และต้องการมีส่วนร่วมกับโรงเรียนอย่างใกล้ชิดเพื่อร่วมกันส่งเสริมนักเรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์อย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจับของ สุทธิกานต์ รอดเรื่อง (2565: 111 -122) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารงานวิชาการกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการจัดการศึกษาของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาระยอง เขต 1 ผลการวิจัย พบวา 1) ผู้บริหารสถานศึกษา ครูและผู้ปกครอง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริหารงานวิชาการของสถานศึกษา โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก 2) ผู้บริหารสถานศึกษา ครู และผู้ปกครอง ประเมินการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการจัดการศึกษาของสถานศึกษา โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมีส่วนร่วมบ่อย และ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารงานวิชาการกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการจัดการศึกษาของสถานศึกษามีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. ควรมุ่งเสริมแรงในด้านที่มีคะแนนต่ำกว่า โดยเฉพาะด้าน "ใฝ่เรียนรู้" ที่มีค่าเฉลี่ย 4.06 ซึ่งต่ำที่สุดในทั้งแปดด้าน โรงเรียนควรจัดอบรมและสัมมนาให้ผู้ปกครองเรียนรู้วิธีการสนับสนุนการศึกษาที่บ้าน เช่น การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนที่เอื้อต่อการศึกษา การติดตามผลการเรียนของนักเรียน และการหาแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมที่เหมาะสม ในทำนองเดียวกัน ด้าน "มีจิตสาธารณะ" ที่มีค่าเฉลี่ย 4.14 ควรส่งเสริมเพิ่มเติมโดยการจัดกิจกรรมอาสาสมัครร่วมกับผู้ปกครองและนักเรียน เช่น กิจกรรมช่วยเหลือสังคมและการดำเนินงานเพื่อตั้งจิตใจให้เด็กรักการบริการสังคม

2. โรงเรียนควรรักษาและส่งเสริมด้านที่มีคะแนนสูง เนื่องจากด้าน "รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์" และ "รักความเป็นไทย" ได้คะแนนสูงสุดที่ 4.64 และ 4.56 ตามลำดับ โรงเรียนควรยังคงจัดกิจกรรมการส่งเสริมคุณลักษณะเหล่านี้อย่างสม่ำเสมอ พร้อมกับการส่งเสริมด้าน "ซื่อสัตย์สุจริต" และ "มุ่งมั่นในการทำงาน" ให้คงไว้ในระดับเยี่ยมและมีการปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่อง

3. โรงเรียนควรจัดโครงการอบรมความรู้ให้ผู้ปกครองอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่าง 42 คนเสนอความต้องการให้โรงเรียนจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ควรเชิญวิทยากรผู้เชี่ยวชาญจากส่วนราชการ องค์กรทั่วไป หรือมหาวิทยาลัยเพื่อให้ผู้ปกครองได้รับความรู้ที่ถูกต้องและทันสมัย

4. โรงเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมของโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ และควรจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้ปกครองเห็นความสำคัญของการมีส่วนร่วมและนักเรียนจะรู้สึกมีคุณค่า

5. โรงเรียนควรจัดทำคู่มือหรือแนวทางการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์สำหรับผู้ปกครอง เพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับการส่งเสริมแต่ละด้านและสามารถปรับใช้ได้ที่บ้าน

6. โรงเรียนควรเพิ่มความถี่ในการสื่อสารระหว่างครูและผู้ปกครอง ผ่านสื่อต่างๆ เช่น Line Class Messenger Facebook หรือการพบปะหน้าต่อหน้า เพื่อให้ทั้งสองฝ่ายได้ติดตามการส่งเสริมของนักเรียนอย่างเป็นปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง เช่น ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง โดยในการศึกษานี้พบว่า 55.81% มีวุฒิต่ำกว่าปริญญาตรี ซึ่งอาจส่งผลต่อความเข้าใจและการมีส่วนร่วม นอกจากนี้ยังควรศึกษาสถานภาพการจ้างงานของผู้ปกครอง เนื่องจากผู้ปกครองที่ทำงานเต็มเวลาอาจมีเวลาน้อยในการมีส่วนร่วม รายได้ของครอบครัว และความเข้าใจของผู้ปกครองเกี่ยวกับคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่เป็นเป้าหมายของการศึกษา

2. ควรศึกษาด้วยวิธีการเชิงคุณภาพเพื่อทำความเข้าใจในระดับลึก เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับอุปสรรคและโอกาสในการมีส่วนร่วม เช่น เวลา ค่าใช้จ่าย ขนส่ง หรือการรับรู้ความสำคัญ

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับว่าเหตุใดด้าน "ใฝ่เรียนรู้" มีคะแนนต่ำที่สุด ว่าผู้ปกครองขาดความรู้ในการสนับสนุนการเรียน ขาดเวลาในการติดตามการเรียน หรือขาดแหล่งเรียนรู้ที่เข้าถึงได้ยาก ในทำนองเดียวกัน ควรศึกษาว่าเหตุใดด้าน "มีจิตสาธารณะ" มีคะแนนต่ำเป็นลำดับที่สอง ว่าผู้ปกครองไม่มีโอกาสในการทำงานอาสา ขาดการจัดกิจกรรมอาสาสมัครที่น่าสนใจ หรือมีการขาดความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของการเสริมสร้างจิตสาธารณะ

4. ควรศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโรงเรียนที่แตกต่างกัน และเข้าใจว่าสภาพเชิงบริหารจัดการแบบใดที่สนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ควรศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการโครงการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง เพื่อให้ได้แนวทางที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างจริงจัง

6. ควรจัดศึกษาวัดประสิทธิผลของการแทรกแซง (Intervention) หลังจากดำเนินการตามข้อเสนอแนะ เช่น ศึกษาเชิงทดลอง (Quasi-experimental) โดยเปรียบเทียบกลุ่มที่ได้รับการแทรกแซงกับกลุ่มควบคุม หรือวัดผลการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนหลังจากผู้ปกครองมีส่วนร่วมมากขึ้น เพื่อยืนยันว่าการเพิ่มการมีส่วนร่วมนั้นมีผลต่อการส่งเสริมของนักเรียนจริงหรือไม่

7. ควรศึกษาเพิ่มเติมจากมุมมองหลายฝ่าย เช่น มุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองและว่ามีผลต่อการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของตนหรือไม่ มุมมองของครูเกี่ยวกับความเป็นไปได้ อุปสรรค และความท้าทายในการรับผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วม และมุมมองของผู้บริหารโรงเรียนเกี่ยวกับการจัดการโครงการและการจัดสรรทรัพยากร เพื่อให้ได้ภาพรวมที่สมบูรณ์และเข้าใจปัญหาจากทุกมิติ

6. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และต้องขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริหาร คณะครู บุคลากรทางการศึกษา โรงเรียนบ้านด่าน อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 1 ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนบ้านด่านทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้ ข้อมูลที่ได้รับจากทุกท่านถือเป็นหัวใจสำคัญของงานวิจัยฉบับนี้ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมการศึกษาและเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาค้นคว้าวิจัยในโอกาสต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โรงเรียน.

[2] ลลิตา ศรีวัฒน์. (2565). **ส่วนร่วมของผู้ปกครองในการศึกษา.** วารสารการศึกษา, 15(2), 45-62.

[3] วสันต์ มูลอักษร. (2564). **ส่งเสริมการทางสังคมและจิตใจของเด็ก**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ม.ป.ป.

[4] ดำเนิน ชินไทย. (2564). **บทบาทผู้ปกครองในการส่งเสริมคุณลักษณะของเด็ก**. วารสารวิจัยการศึกษา, 20(1), 78-95.

[5] ชุติมา พรหมมา และ สุนีย์ ภูมิสิทธิ์. (2563). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการศึกษา**. วารสารการบริหารการศึกษา, 8(3), 112-128

[6] Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement, 30(3), 607- 610

[7] Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of psychological testing.** (5th ed.). New York: Harper & Row. pp. 202-204.

[8] ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2565). **สถิติเพื่อการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] พิศาล เครือลิต. (2565). **การส่งเสริมหลักสูตรเสริมสร้างคุณลักษณะอยู่อย่างพอเพียงตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

(10) Lickona,T. (1992). **Educating for character: How our schools can teach respect and responsibility**. Bantam Books.

[11] ธนวรรณ เห็มบาสัตย์. (2565). **การส่งเสริมรูปแบบคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านจิตสาธารณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาฬสินธุ์เขต 2**. ดุษฎีนิพนธ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

[12] สุทธิกานต์ รอดเรื่อง. (2565). **ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารงานวิชาการกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการจัดการศึกษาของสถานศึกษา สังกัดสานักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาระยอง เขต 1.** วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต การบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1

ศิธาชัย ศรีอุดม*, สุรสิทธิ์ ลาภอินทรีย์, ดลนภา ท้วมยัง, ชวลิต จันทร์ศรี และ วินิจ คนขยัน
สาขาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก
*Corresponding Email : testtest070499@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้าราชการครูผู้รับผิดชอบงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษา โรงเรียนละ 1 คน จากสถานศึกษาที่ได้รับการคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย รวมทั้งสิ้น 57 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.62, S.D. = 0.23) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการส่งต่อนักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล และด้านการคัดกรองนักเรียน ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน พบว่า องค์ประกอบทั้ง 5 ด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.09 ถึง 0.68 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คู่ที่มีความสัมพันธ์สูงสุด ได้แก่ ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลกับด้านการคัดกรองนักเรียน (r = 0.68) รองลงมา ได้แก่ ด้านการคัดกรองนักเรียนกับด้านการส่งต่อนักเรียน (r = 0.63) ส่วนคู่ที่มีความสัมพันธ์ต่ำที่สุด ได้แก่ ด้านการคัดกรองนักเรียนกับด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน (r = 0.09) ทั้งนี้องค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง สะท้อนให้เห็นว่าองค์ประกอบต่าง ๆ มีความเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกันในการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน, การดำเนินงาน, ความสัมพันธ์, สถานศึกษา, ศตวรรษที่ 21

The Operational Conditions of the Student Care and Support System in 21st-Century Schools under the Phichit Primary Educational Service Area Office 1

Sitachai Sriudom*, Surasith Lapinsee, Donnapa Tuamyang, Chawalit Chansri, and Winit Khonkayom

Program in Educational Administration, Faculty of Education, Phitsanulok University

*Corresponding Email: testtest070499@gmail.com

Abstract

This research aimed to study the operational conditions of the student care and support system and to examine the relationships among its components in 21st-century schools under the Phichit Primary Educational Service Area Office 1. The sample consisted of 57 teachers responsible for the student support system, with one teacher selected from each school through simple random sampling. The research instrument was a 5-point rating scale questionnaire with a reliability coefficient of 0.91. The statistical methods used for data analysis were mean, standard deviation, and Pearson's product–moment correlation coefficient. The results revealed that the overall operational condition of the student care and support system was at a high level ($\bar{x}$ = 3.62, S.D. = 0.23). When considering each aspect, the highest mean score was found in student referral, followed by knowing students individually and student screening, while the lowest mean score was found in problem prevention and resolution. The analysis of relationships among the components indicated that all five components were positively correlated, with correlation coefficients ranging from 0.09 to 0.68 at the .05 level of statistical significance. The highest positive correlation was found between knowing students individually and student screening (r = 0.68), followed by the relationship between student screening and student referral (r = 0.63). The lowest correlation was found between student screening and problem prevention and resolution (r = 0.09). Overall, the components of the student care and support system were correlated at low to moderately high levels, indicating that the components were interconnected and mutually supportive. The findings suggest that systematic integration and coordination among all components should be continuously developed to enhance the effectiveness of the student care and support system.

Keywords: student care and support system, implementation, relationship, school, 21st century

1. บทนำ

ปัจจุบันสังคมไทยและสังคมโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกมิติ โดยเฉพาะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีดิจิทัลและการสื่อสารที่ทำให้เกิดสังคมไร้พรมแดน ส่งผลให้เด็กและเยาวชนสามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลได้อย่างกว้างขวางและรวดเร็วทั้งในเชิงสร้างสรรค์และเชิงลบ ทั้งนี้การใช้สื่อดิจิทัลอย่างไม่เหมาะสมส่งผลต่อพฤติกรรมและค่านิยมของผู้เรียน เช่น การใช้เวลาหน้าจอมากเกินไป การขาดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการติดสื่อสังคมออนไลน์ นอกจากนี้เด็กและเยาวชนยังเผชิญปัญหาเชิงพฤติกรรมที่มีมาอย่างต่อเนื่อง เช่น ปัญหายาเสพติด ปัญหาการหนีเรียน พฤติกรรมความรุนแรง และปัญหาทางเพศที่ไม่เหมาะสม ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของผู้เรียนทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และสติปัญญา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2549)

จากสถานการณ์ดังกล่าวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ได้กำหนดแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สติปัญญา คุณธรรม และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข โดยยึดหลักผู้เรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาได้เต็มศักยภาพ (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, 2542) เพื่อให้การพัฒนาผู้เรียนเป็นไปตามเป้าหมายดังกล่าว สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) จึงกำหนดนโยบายให้สถานศึกษาทุกแห่งดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนอย่างเป็นระบบตั้งแต่ปีการศึกษา 2549 โดยมุ่งเน้นการส่งเสริม ป้องกัน และแก้ไขปัญหานักเรียนอย่างต่อเนื่อง ผ่านการมีส่วนร่วมของผู้บริหาร ครู และผู้เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตนักเรียนให้สามารถดำรงชีวิตในสังคมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างมีความสุข (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2549) นอกจากนี้ กระทรวงศึกษาธิการ และกระทรวงสาธารณสุข จึงได้จัดท าคู่มือครู ระบบดูแลช่วยเหลือ นักเรียน ช่วงชั้นที่ 1-ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6) โดยมุ่งหวังว่าครูทุกคนสามารถให้ความดูแลช่วยเหลือนักเรียนได้ทั้งด้านการส่งเสริมในส่วนที่ดีของนักเรียน ด้านการป้องกันแก้ไขปัญหามิให้ปัญหาเกิดขึ้นหรือลุกลามมากขึ้นโดยเฉพาะเด็กกลุ่มเสี่ยง และสามารถแก้ไขปัญหานักเรียนในเบื้องต้นได้ทั้งนี้ให้มีการทำงานอย่างเป็นระบบและตรวจสอบได้ ซึ่งแสดงถึงการทำงานที่มีคุณภาพมีมาตรฐานจึงเกิดการประกันคุณภาพระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษาและเป็นไปตามบทบัญญัติในพระราชบัญญัติการศึกษาที่มุ่งให้นักเรียน บุคลากรและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนรวมทั้งกระบวนการการทำงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตรวจสอบได้ เป็นที่ยอมรับของชุมชนและสังคม (กรมสุขภาพจิต, 2546)

ปัจจุบันสถานศึกษาในระดับประถมศึกษาทุกแห่ง ได้ดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนตามนโยบายของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยยึดกระบวนการสำคัญ ได้แก่ การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล การคัดกรองนักเรียน การส่งเสริมและพัฒนานักเรียน การป้องกันและแก้ไขปัญหา ตลอดจนการส่งต่อนักเรียนที่ต้องได้รับการช่วยเหลือเฉพาะด้าน อย่างไรก็ตาม สภาพการดำเนินงานในปัจจุบันยังพบความแตกต่างระหว่างสถานศึกษา ทั้งในด้านความครบถ้วนของการดำเนินงานตามกระบวนการ การนำข้อมูล

สารสนเทศของนักเรียนไปใช้ในการวางแผนช่วยเหลือ การติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง รวมถึงระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง ชุมชน และภาคีเครือข่าย ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในแต่ละสถานศึกษายังมีความแตกต่างกัน และยังไม่สามารถดำเนินงานได้ตามมาตรฐานเดียวกัน

ในบริบทของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 พบว่าการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนยังมีความแตกต่างกันระหว่างโรงเรียน ทั้งด้านกระบวนการดำเนินงาน ความพร้อมของบุคลากร และการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองและชุมชน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดำเนินงานยังไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างเต็มที่ จากการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์ของจังหวัดพิจิตรสะท้อนให้เห็นว่าเด็กและเยาวชนในพื้นที่ยังเผชิญปัญหาที่ต้องได้รับการดูแลและช่วยเหลืออย่างเป็นระบบ โดยพบว่ามีเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ (Learning Disabilities: LD) จำนวน 2,178 คน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับประถมศึกษา จำนวน 1,419 คน นอกจากนี้ยังพบเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา จำนวน 122 คน เด็กออทิสติก จำนวน 43 คน และเด็กพิการซ้ำซ้อน จำนวน 18 คน อีกทั้งยังมีเยาวชนที่หลุดออกจากระบบการศึกษาสูงถึง 3,978 คน (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิจิตร, 2569) สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเด็กและเยาวชนในจังหวัดพิจิตรยังมีกลุ่มเสี่ยงที่ต้องได้รับการคัดกรอง การติดตาม และการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องจากทุกภาคส่วน

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนพัฒนา ปรับปรุง และยกระดับระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับบริบทสังคมในศตวรรษที่ 21 และนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียนอย่างยั่งยืน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถสรุปสาระสำคัญได้เป็น 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

2.1 หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนมีพื้นฐานจากแนวคิดการพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม (Holistic Development) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และสังคม โดยเชื่อว่าผู้เรียนทุกคนมีศักยภาพในการพัฒนาได้ หากได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนอย่างเหมาะสม ทั้งในและนอกห้องเรียน แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-Centered Approach) ซึ่งให้ความสำคัญกับความแตกต่างระหว่างบุคคล และการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2549) นอกจากนี้ ระบบดูแล

ช่วยเหลือนักเรียนยังตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดการมีส่วนร่วม (Participation Approach) โดยเปิดโอกาสให้ครู ผู้บริหาร ผู้ปกครอง และชุมชนมีบทบาทร่วมกันในการดูแลและพัฒนาผู้เรียน ทั้งในด้านการส่งเสริมพฤติกรรมที่พึงประสงค์ การป้องกันปัญหา และการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การพัฒนาผู้เรียนมีความต่อเนื่องและครอบคลุมทุกมิติของชีวิต

2. ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนเป็นกระบวนการดำเนินงานของสถานศึกษาที่มีความเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายสำคัญในการส่งเสริม พัฒนา ป้องกัน และแก้ไขปัญหาของผู้เรียนอย่างรอบด้าน เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข กระบวนการของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่

1) การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนทั้งด้านครอบครัว สุขภาพ พฤติกรรม และการเรียน

2) การคัดกรองนักเรียน เพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนตามระดับความเสี่ยงหรือความต้องการช่วยเหลือ

3) การส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียน โดยจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมศักยภาพและพฤติกรรมที่พึงประสงค์

4) การป้องกันและแก้ไขปัญหา โดยดำเนินการช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาหรือมีความเสี่ยงอย่างเหมาะสม

5) การส่งต่อ ซึ่งเป็นการประสานความร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเมื่อปัญหามีความซับซ้อนเกินกว่าศักยภาพของสถานศึกษา (กรมสุขภาพจิต, 2546)

กระบวนการดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อให้การดูแลนักเรียนเป็นไปอย่างเป็นระบบ มีความต่อเนื่องและสามารถตอบสนองต่อปัญหาและความต้องการของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม

2.3 การดำเนินงานของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

การดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะผู้บริหารสถานศึกษา ครูประจำชั้น ครูแนะแนว และผู้ปกครอง ซึ่งต้องมีการประสานงานกันอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง การดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพควรมีการวางแผนการดำเนินการ การติดตาม และการประเมินผลอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามสภาพปัญหาและความต้องการรายบุคคล อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน ทำให้ครูสามารถเข้าใจผู้เรียนได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น

นอกจากนี้ ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนยังมีบทบาทสำคัญในการลดปัญหาพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียน เช่น ปัญหาการขาดเรียน ปัญหาพฤติกรรมก้าวร้าว และปัญหายาเสพติด รวมทั้งช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้เรียนให้สามารถปรับตัวอยู่ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้อย่างเหมาะสม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2549)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานและการบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน พบว่าผลการวิจัยส่วนใหญ่สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ การมีส่วนร่วมของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง และการพัฒนากระบวนการดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้สอดคล้องกับบริบทของสถานศึกษาดังนี้

วิชัย โททะรินทร์ และคณะ (2566) ได้ศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และข้อเสนอแนะในการพัฒนาการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน พบว่า สภาพการดำเนินงานโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ขณะที่ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดและเป็นด้านที่พบปัญหามากที่สุด นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน เช่น การเยี่ยมบ้านนักเรียนอย่างทั่วถึง การศึกษารายกรณี การแก้ไขปัญหาให้ตรงกับสภาพปัญหาของนักเรียน การสำรวจความต้องการและศักยภาพของผู้เรียน รวมถึงการจัดแนวทางช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มเสี่ยงอย่างเหมาะสมและทันต่อสถานการณ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ สมบูรณ์ แก้วทุย และดารณีย์ พยัคฆ์กุล (2567) ที่ศึกษาสภาพปัจจุบันและแนวทางการบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มเพชรชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า การบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนด้านการคัดกรองนักเรียนมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยเสนอว่าผู้บริหารควรส่งเสริมการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน พัฒนาเครื่องมือคัดกรองที่มีคุณภาพ ส่งเสริมกิจกรรมพัฒนาศักยภาพผู้เรียน และพัฒนาความรู้ด้านการแนะแนวและการให้คำปรึกษาแก่ครู ตลอดจนสร้างความร่วมมือกับผู้ปกครองและหน่วยงานภายนอกในการส่งต่อนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ในทำนองเดียวกัน ชรินทร์ บุญราชแสวง และคณะ (2567) ได้ศึกษาสภาพการบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มอำเภอแม่เปิน–กลุ่มชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ภาพรวมของการบริหารจัดการอยู่ในระดับมาก โดยด้านการดำเนินงานการดูแลช่วยเหลือนักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านโครงสร้างการบริหารและบทบาทหน้าที่ในการดำเนินงาน ส่วนด้านการส่งต่อนักเรียนมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการส่งต่อยังคงเป็นประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาในหลายสถานศึกษา นอกจากการศึกษาสภาพและแนวทางการดำเนินงานแล้ว ยังมีงานวิจัยที่มุ่งพัฒนารูปแบบหรือนวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพการบริหารจัดการสถานศึกษา โดยสุมลฑา อินทรฤทธิ์ (2568) ได้พัฒนานวัตกรรมการบริหารจัดการสถานศึกษาสู่องค์กรคุณภาพด้วยรูปแบบ LOMKLoD Model ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การเรียนรู้และตระหนักรู้ในสถานการณ์ การกำหนดเป้าหมาย การบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน การจัดการความรู้ การสร้างองค์กรแห่งการเรียนรู้ และการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้เรียนอย่างรอบด้าน ภายใต้แนวคิดความเท่าเทียมทางการศึกษาและการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในสังคมดิจิทัล ขณะเดียวกัน ภัทรนันท์ ทิพย์รักษ์ และสมเกียรติ สัจจารักษ์ (2569) ได้ศึกษาสภาพการดำเนินงานและพัฒนาแนวทางการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโดยใช้การมีส่วนร่วมของครูประจำชั้นและผู้ปกครอง

พบว่า สภาพการดำเนินงานโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านการส่งต่อนักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโดยประยุกต์ใช้วงจรคุณภาพเดมมิ่ง (PDCA) ครอบคลุม 5 องค์ประกอบหลักของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงอยู่ในระดับสูงมาก

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริม พัฒนา ป้องกัน และแก้ไขปัญหาของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการดำเนินงาน ได้แก่ การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล การคัดกรองที่มีประสิทธิภาพ การมีส่วนร่วมของครู ผู้ปกครอง และชุมชน ตลอดจนบทบาทของผู้บริหารในการสนับสนุนการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ งานวิจัยส่วนใหญ่ยังชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนควรมุ่งเน้นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ การใช้ข้อมูลสารสนเทศในการดูแลผู้เรียน และการพัฒนาศักยภาพครูให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 ต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 จำนวน 134 โรงเรียน โดยกำหนดผู้ให้ข้อมูลเป็นข้าราชการครูผู้รับผิดชอบงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของแต่ละสถานศึกษา

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ สถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 ซึ่งได้มาจากการคำนวณด้วยสูตรของทาโรยามาเน จำนวน 57 โรงเรียน และทำการสุ่มอย่างง่าย จากข้าราชการครูผู้รับผิดชอบงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของแต่ละสถานศึกษา โรงเรียนละ 1 คน รวมทั้งสิ้น 57 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของครูในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เพื่อสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ ตำแหน่งหน้าที่ ประสบการณ์การทำงาน และขนาดของโรงเรียน

ตอนที่ 2 สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert Scale) เพื่อศึกษาสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 ครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ 1) การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล 2) การคัดกรองนักเรียน 3) การส่งเสริมและพัฒนานักเรียน 4) การป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน และ 5) การส่งต่อนักเรียน

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดและสร้างแบบสอบถาม

2. กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยและขอบเขตของเนื้อหาที่ต้องการศึกษา

3. สร้างแบบสอบถามฉบับร่างตามกรอบแนวคิดและวัตถุประสงค์ของการวิจัย จำนวน 82 ข้อ โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล จำนวน 19 ข้อ 2) ด้านการคัดกรองนักเรียน จำนวน 18 ข้อ 3) ด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียน จำนวน 18 ข้อ 4) ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหา จำนวน 16 ข้อ และ 5) ด้านการส่งต่อ จำนวน 13 ข้อ รวมทั้งสิ้น 82 ข้อ

4. นำแบบสอบถามฉบับร่างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Objective Congruence: IOC) ผลการตรวจสอบพบว่า แบบสอบถามทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย สามารถนำไปใช้ได้ทั้ง 82 ข้อ

6. นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับข้าราชการครูที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรที่ศึกษา แต่ไม่ใช่ประชากรเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง สามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้

7. นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรที่กำหนด

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพิษณุโลก ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. นำแบบสอบถามพร้อมหนังสือขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามไปยังโรงเรียนที่เป็นประชากรด้วยตนเอง

3. รับแบบสอบถามคืนด้วยตนเอง และตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามทุกฉบับ

4. ได้รับแบบสอบถามกลับคืนจำนวน 57 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของประชากรทั้งหมด

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ ตำแหน่งหน้าที่ ประสบการณ์การทำงาน และขนาดของโรงเรียน โดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

2. วิเคราะห์ระดับสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยตามแนวคิดของ บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว (2535) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีสภาพการดำเนินงานอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีสภาพการดำเนินงานอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 | มีสภาพการดำเนินงานอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 | มีสภาพการดำเนินงานอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 | มีสภาพการดำเนินงานอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ได้แก่ การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Objective Congruence: IOC) เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถาม และการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ผู้วิจัยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

ได้แก่ ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล ด้านการคัดกรองนักเรียน ด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียน ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน และด้านการส่งต่อนักเรียน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเรื่อง สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 59.65 รองลงมาเป็นเพศชาย จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 40.35

เมื่อพิจารณาประสบการณ์การทำงาน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์การทำงาน 10–20 ปี จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 50.88 รองลงมาคือ มีประสบการณ์การทำงานน้อยกว่า 10 ปี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 35.08 และมีประสบการณ์การทำงาน 21 ปีขึ้นไป จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 14.04 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 โดยภาพรวม

ด้านการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล	3.70	0.28	มาก
2. ด้านการคัดกรองนักเรียน	3.69	0.33	มาก
3. ด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียน	3.61	0.24	มาก
4. ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน	3.35	0.23	ปานกลาง
5. ด้านการส่งต่อนักเรียน	3.78	0.26	มาก
เฉลี่ยรวม	**3.62**	**0.23**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า สภาพการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.62, S.D. = 0.23) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการส่งต่อนักเรียน ($\bar{x}$ = 3.78, S.D. = 0.26) รองลงมา ได้แก่ ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล ($\bar{x}$ = 3.70, S.D. = 0.28) และด้านการคัดกรองนักเรียน ($\bar{x}$ = 3.69, S.D. = 0.33) ตามลำดับ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน ($\bar{x}$ = 3.35, S.D. = 0.23) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบส่วนใหญ่มีทั้งความสัมพันธ์เชิงบวก เชิงลบ และไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1

องค์ประกอบ	1	2	3	4	5
1. การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล	1.00	-	-	-	-
2. การคัดกรองนักเรียน	0.68	1.00	-	-	-
3. การส่งเสริมและพัฒนานักเรียน	0.36	0.29	1.00	-	-
4. การป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน	0.24	0.09	0.33	1.00	-
5. การส่งต่อนักเรียน	0.33	0.63	0.21	0.18	1.00

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน พบว่า องค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนทั้ง 5 ด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.09 ถึง 0.68 แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนมีความเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกันตามกระบวนการดำเนินงานของระบบ

เมื่อพิจารณาเป็นรายคู่ พบว่า ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับด้านการคัดกรองนักเรียนในระดับค่อนข้างสูง (r = 0.68) รองลงมา คือ ด้านการคัดกรองนักเรียนกับด้านการส่งต่อนักเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับค่อนข้างสูง (r = 0.63) แสดงให้เห็นว่าการมีข้อมูลนักเรียนรายบุคคลที่ครบถ้วนและการคัดกรองที่มีประสิทธิภาพเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการส่งต่อนักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ

นอกจากนี้ พบว่า ด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียนในระดับต่ำถึงปานกลาง (r = 0.33) และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับด้านการส่งต่อนักเรียนในระดับต่ำ (r = 0.21) ขณะที่ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับด้านการส่งต่อนักเรียน (r = 0.33) และด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน (r = 0.24) ส่วนคู่ที่มีความสัมพันธ์ต่ำได้แก่ ด้านการคัดกรองนักเรียนกับด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน (r = 0.09)

โดยสรุป องค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนทั้ง 5 ด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง สะท้อนให้เห็นว่า การดำเนินงานแต่ละองค์ประกอบมีความเกี่ยวข้องและส่งเสริมซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะกระบวนการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล การคัดกรอง และการส่งต่อนักเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่เชื่อมโยงกันในการช่วยเหลือและพัฒนานักเรียน ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกับแนวคิดของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนที่มุ่งให้ทุกองค์ประกอบดำเนินงานอย่างเป็นระบบและบูรณาการร่วมกัน

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 พบว่า องค์ประกอบทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล 2) ด้านการคัดกรองนักเรียน 3) ด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียน 4) ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน และ 5) ด้านการส่งต่อนักเรียน มีความสัมพันธ์กันทั้งในเชิงบวก เชิงลบ และบางคู่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง -0.36 ถึง 0.68 เมื่อพิจารณาเป็นรายคู่ พบว่า คู่ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงที่สุด ได้แก่ ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลกับด้านการคัดกรองนักเรียน รองลงมา ได้แก่ ด้านการคัดกรองนักเรียนกับด้านการส่งต่อนักเรียน ขณะที่ความสัมพันธ์เชิงลบที่เด่นชัดที่สุด คือ ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลกับด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำถึงปานกลาง ทั้งในทิศทางบวกและลบ แสดงให้เห็นว่าบางองค์ประกอบมีความเชื่อมโยงกันตามกระบวนการทำงาน แต่บางองค์ประกอบยังมีลักษณะการดำเนินงานที่แยกส่วนกันค่อนข้างชัดเจน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับด้านการคัดกรองนักเรียน และด้านการคัดกรองนักเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับด้านการส่งต่อนักเรียน สะท้อนให้เห็นว่าระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนมีลักษณะเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงและดำเนินการอย่างต่อเนื่องตามลำดับขั้นตอน โดยการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคลเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้ครูสามารถวิเคราะห์และคัดกรอง

นักเรียนได้อย่างถูกต้อง อันนำไปสู่การวางแผนช่วยเหลือและส่งต่อนักเรียนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกรมสุขภาพจิต (2546) ที่ระบุว่าระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล การคัดกรอง การส่งเสริมและพัฒนา การป้องกันและแก้ไขปัญหา และการส่งต่อ โดยทุกขั้นตอนมีความสัมพันธ์และสนับสนุนซึ่งกันและกันเพื่อให้การช่วยเหลือนักเรียนเกิดประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า ด้านการส่งเสริมและพัฒนานักเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน และด้านการส่งต่อนักเรียน แสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมและพัฒนานักเรียนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการป้องกันปัญหาและการให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นเฉพาะด้าน ทั้งนี้ การดำเนินงานส่งเสริมและพัฒนาที่มีประสิทธิภาพควรอาศัยข้อมูลจากการรู้จักนักเรียนและการคัดกรอง เพื่อให้สามารถกำหนดแนวทางช่วยเหลือได้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างบุคคล สอดคล้องกับแนวคิดของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนที่มุ่งเน้นการส่งเสริม ป้องกัน และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัยที่พบว่าองค์ประกอบของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนทั้ง 5 ด้านมีความสัมพันธ์เชิงบวก แม้ว่าบางคู่จะมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ เช่น ด้านการคัดกรองนักเรียนกับด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหานักเรียน แต่สะท้อนให้เห็นว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ยังคงมีความเชื่อมโยงกันในกระบวนการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ในระดับต่ำอาจสะท้อนถึงความแตกต่างของบริบทในการดำเนินงานของแต่ละสถานศึกษา เช่น การนำข้อมูลจากการคัดกรองไปใช้ในการวางแผนช่วยเหลือ การประสานงานระหว่างผู้รับผิดชอบ และการติดตามผลการช่วยเหลือนักเรียน

ดังนั้น ผลการวิจัยจึงสะท้อนให้เห็นว่า ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนเป็นระบบที่ต้องดำเนินงานแบบบูรณาการ โดยแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์และส่งเสริมซึ่งกันและกัน การพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพจึงควรมุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูลนักเรียน การประสานความร่วมมือระหว่างครู ผู้บริหาร ผู้ปกครอง และภาคีเครือข่าย เพื่อให้สามารถดูแลช่วยเหลือนักเรียนได้อย่างต่อเนื่องและเหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัย รวมทั้งผู้อำนวยการสถานศึกษาและข้าราชการครูในกลุ่มโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณครอบครัวและผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต. (2546). *คู่มือครูที่ปรึกษาระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 –ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6).* กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กระทรวงศึกษาธิการ และกระทรวงสาธารณสุข. (2544). *คู่มือระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

ชรินทร์ บุญราชแสวง, อานนท์ เมธีวรฉัตร และ ดิเรก ด้วงลอย. (2568). แนวทางการบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มอำเภอแม่เปิน–กลุ่มชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์ ตามหลักพรหมวิหาร 4. *Mahachula Academic Journal, 12*(2), 373–396.

บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว. (2535). การอ้างอิงประชากรเมื่อใช้เครื่องมือแบบมาตรา ส่วนประมาณค่ากลุ่มตัวอย่าง. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 3*(1): 22-25.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. (2542). *ราชกิจจานุเบกษา.*

ภัทรนันท์ ทิพย์รักษ์ และสมเกียรติ สัจจารักษ์. (2569). การพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโดยการมีส่วนร่วมของครูประจำชั้นและผู้ปกครองนักเรียน โรงเรียนบ้านบางกัน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพังงา. *วารสารส่งเสริมและพัฒนาวิชาการสมัยใหม่, 4*(3), 1572–1584.

วิชัย โททะรินทร์, เจริญวิชญ์ สมพงษ์ธรรม และ ยุพดี ทองโคตร. (2566). สภาพปัจจุบัน ปัญหา และข้อเสนอแนะการพัฒนาการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของโรงเรียนกลุ่มเครือข่ายสถานศึกษาท่าโพธิ์ศรีโนนสะอาด สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 5. *วารสารพุทธศาสตร์ มจร อุบลราชธานี, 5*(1), 1–15.

สมบูรณ์ แก้วทุย และดารณีย์ พยัคฆ์กุล. (2567). การบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโรงเรียนกลุ่มเพชรชนแดน อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารบัณฑิตศึกษาปริทรรศน์ มจร วิทยาเขตแพร่, 10*(1), 37–52.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549). *แนวทางการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน*. กรุงเทพฯ: สพฐ.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิจิตร. (2569). จ.พิจิตร เดินหน้าเชื่อมฐานข้อมูลช่วยเด็กกลุ่มเสี่ยง-เด็กพิเศษ เผยยอดเยาวชนนอกระบบพุ่งเฉียด 4 พันคน ดันระบบ "Case Manager" ดูแลรายกรณี. https://phichit.go.th/phichit/index.php/phichit-today-all/15426-690609-09

สุมลฑา อินทรฤทธิ์. (2567). การบริหารจัดการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาตามรูปแบบ LOMKLoD Model. *Journal of Buddhistic Sociology, 10*(4), 91–103.

การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา

ธัญญารัตน์ ใจกล้า,[1] ประจวบ จันทร, [2] สุรสิทธิ์ ลาภอินทรีย์, สุภางค์ แจ้งสูงเนิน และบุญรักษา เม็งเกตุ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

Juntorn042502@gmail.com; Surasithlap@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม จำนวน 180 คน ข้อมูลเก็บรวบรวม โดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วย t-test, การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ผลการศึกษา พบว่า การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.92, S.D.=0.83) การบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.85, S.D.=0.78) การเปรียบเทียบสถานภาพส่วนบุคคลกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยาจำแนกตาม เพศ และอาชีพ โดยภาพรวมและรายด้าน ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เมื่อจำแนกตามอายุ ระดับการศึกษา และรายได้ต่อเดือน โดยภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองมีอิทธิพลต่อการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม โดยตัวแปรอิสระสามารถร่วมกันพยากรณ์ตัวแปรตามได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า ด้านการร่วมวางแผน รองลงมาคือ ด้านการร่วมกิจกรรม ด้านการร่วมประเมินผล และการร่วมระดมทรัพยากร โดยมีอำนาจพยากรณ์รวมกันถึงร้อยละ 77.50

คำสำคัญ ; การมีส่วนร่วม, ผู้ปกครอง, การบริหารโรงเรียน

The Parents' Participation in Educational Administration of Ngim Subdistrict Municipality School (Wiang Cham) under the Ngim Subdistrict Municipality Pong District Phayao Province

Thanyarat Jaikla[1] Prachaub Juntorn[2] and Surasith lapinsee

Juntorn042502@gmail.com; Surasithlap@gmail.com

ABSTRACT

This study the Parents' Participation in Educational Administration of Ngim Subdistrict Municipality School (Wiang Cham) under the Ngim Subdistrict Municipality Pong District Phayao Province. This study the Parents' Participation The sample group consisted of 180 parents of students from Ngim Subdistrict Municipality School. Data were collected using questionnaires and analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. Hypotheses were tested using t-test, one-way ANOVA, and Multiple Regression Analysis.

The results found that the Parents' Participation in Educational Administration of Ngim Subdistrict Municipality School (Wiang Cham) under the Ngim Subdistrict Municipality Pong District Phayao Province. Overall was at a high level ($\bar{X}$=3.92, S.D.=0.83). The Educational Administration of Ngim Subdistrict Municipality School (Wiang Cham) under the Ngim Subdistrict Municipality Pong District Phayao Province. Overall was at a high level ($\bar{X}$=3.85, S.D.=0.78) Comparison of personal status with the administration of Ngim Subdistrict Municipality School (Wiang Cham) By Sex and Occupation, the overall no statistically significant differences at the 0.05 level. By Age, Educational level, and Income, there were statistically significant differences at the 0.05 level The Parental participation significantly influences the administration of Ngim Subdistrict Municipality School. The independent variables predict the dependent variable at the 0.05 significance level, with planning participation having the greatest impact, followed by activities, evaluation, and resource mobilization, explaining 77.50% of the variance.

Keywords: Participation, Parents, Educational Administration

1.บทนำ

การศึกษาเป็นกระบวนการสำคัญและมีบทบาทโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และสังคมโดยรวม เนื่องจากการศึกษาเป็นรากฐานของการสร้างความรู้ ความคิด และทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การศึกษายังเป็นเครื่องมือที่ช่วยปลูกฝังการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และการปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลงในทุกมิติของชีวิต อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม และสร้างโอกาสที่เท่าเทียมกันในการพัฒนา โดยการศึกษาจะช่วยผลิตกำลังคนที่มีความรู้ความสามารถและคุณธรรม เพื่อเป็นพลังขับเคลื่อนความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และวัฒนธรรม ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนเป็นรากฐานในการสร้างสังคมที่เข้มแข็งและการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนในระยะยาว (บัลลังก์ โรหิตเสถียร, 2566)

การบริหารจัดการสถานศึกษายุคใหม่ เป็นกระบวนการบริหารที่มุ่งพัฒนาสถานศึกษาให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และเทคโนโลยี โดยเน้นการสร้างผู้เรียนที่มีสมรรถนะ ทักษะ และคุณลักษณะสอดคล้องกับการดำรงชีวิตในโลกยุคใหม่ ลักษณะสำคัญของการบริหารสถานศึกษายุคใหม่ ได้แก่ การส่งเสริมการมีส่วนร่วม (Participatory Management) โดยการส่งเสริมการมีส่วนร่วมภายในและภายนอกสถานศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การบริหารจัดการและพัฒนาคุณภาพการศึกษามีประสิทธิภาพสูงสุด การมีส่วนร่วม คือ การเปิดโอกาสให้บุคลากร นักเรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และเครือข่ายภายนอกได้เข้ามามีบทบาทในการคิด ร่วมตัดสินใจ ดำเนินงาน และติดตามประเมินผลกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆ ของสถานศึกษาอย่างแท้จริง ซึ่งไม่เพียงช่วยสร้างความผูกพันและความรับผิดชอบร่วมกัน แต่ยังช่วยให้การดำเนินงานเกิดความโปร่งใส มีความหลากหลายของความคิดเห็น และสอดคล้องกับความต้องการของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องและความโปร่งใสในการบริหารจัดการสถานศึกษา (อุกฤษฎ์ ดอนบรรเทา และ เอกราช โฆษิตพิมานเวช, 2567: 531)

โรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) เป็นโรงเรียนสังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ที่ก่อตั้งขึ้นเพื่อให้บริการการศึกษาสำหรับเด็กและเยาวชนในตำบลงิมและพื้นที่ใกล้เคียง โดยมีเป้าหมายหลักคือการให้การศึกษาที่มีคุณภาพและส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมควบคู่กับความรู้ในระดับปฐมวัยและประถมศึกษา จากการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่าปัญหาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) และถือเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้โรงเรียนไม่สามารถพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนได้เต็มที่ แม้ในเชิงนโยบายจะให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองและชุมชน แต่ในทางปฏิบัติกลับพบว่าการมีส่วนร่วมมักเกิดขึ้นเพียงบางส่วนหรือในลักษณะเชิงสัญลักษณ์เท่านั้น นอกจากนี้ ข้อจำกัดด้านความรู้และทักษะ ก็เป็นอีกปัญหาสำคัญ ผู้ปกครองบางคนขาดความเข้าใจในนโยบายการศึกษา หรือไม่มั่นใจในการแสดงความคิดเห็นเชิงวิชาการ ขาดทักษะการสื่อสารและการประชุม ส่งผลให้ไม่กล้ามีบทบาทอย่างเต็มที่ (เทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ), 2568: 5)

ข้อความข้างต้นมีลักษณะเป็น การสังเคราะห์เชิงวิชาการ ที่เชื่อมโยงจาก "บริบทระดับประเทศ ⟶ แนวคิดการบริหารแบบมีส่วนร่วม ⟶ ปัญหาเฉพาะของโรงเรียน ⟶ ช่องว่างของการปฏิบัติ ⟶ ความจำเป็นของการวิจัย ⟶ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ" ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เหมาะสำหรับบทนำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา และช่วยให้เหตุผลของการเลือกศึกษาพื้นที่วิจัยมีความชัดเจนและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา เพื่อให้ผู้ปกครองและครอบครัวหรือชุมชนมีอำนาจในการตัดสินใจและสนับสนุนให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา ทำให้ทรัพยากรบุคคลของชาติมีคุณภาพ มีความสมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา มีความรู้ และคุณธรรมทั้งการอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุขต่อไป การมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง ในการบริหารโรงเรียนไม่เพียงเป็นการสนับสนุนการจัดการศึกษา รวมถึงการเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับ

คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียน เสริมสร้างประสิทธิภาพการบริหารโรงเรียน ทำให้ผู้ปกครองและครอบครัวมีบทบาทในการพัฒนาเยาวชน และสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนโดยรอบ อันจะนำไปสู่การพัฒนาการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา

2. เพื่อศึกษาการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา

3.เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา

สมมุติฐานของการวิจัย

สถานภาพส่วนบุคลของผู้ปกครอง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา แตกต่างกัน

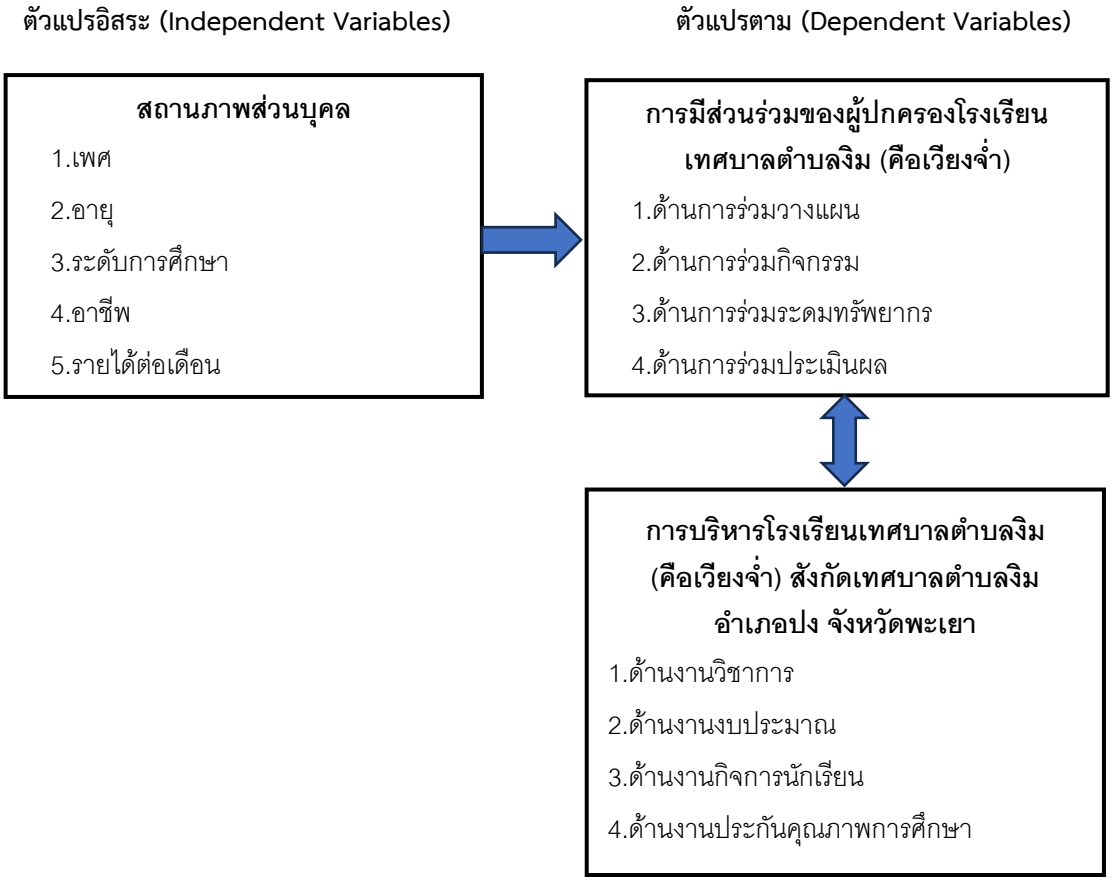
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่ศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารสถานศึกษามาอย่างต่อเนื่อง แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังมีช่องว่างขององค์ความรู้หลายประการ กล่าวคือ งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานหรือโรงเรียนเอกชน ขณะที่การศึกษาในโรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยเฉพาะโรงเรียนเทศบาลในพื้นที่ชนบท ยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด นอกจากนี้ งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในภาพรวม โดยมิได้วิเคราะห์การมีส่วนร่วมในแต่ละด้านของการบริหารสถานศึกษาอย่างครอบคลุม ได้แก่ การบริหารงานวิชาการ การบริหารงบประมาณ การบริหารงานบุคคล และการบริหารงานทั่วไป ตลอดจนยังขาดข้อเสนอเชิงปฏิบัติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการบริหารโรงเรียนให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะของโรงเรียนเทศบาลได้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งบริบททางการศึกษาในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านนโยบาย เทคโนโลยี และความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ส่งผลให้ผลการศึกษาที่ผ่านมาอาจไม่สามารถสะท้อนสภาพการณ์ปัจจุบันได้อย่างครบถ้วน

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีแนวความคิดและทฤษฎี ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ คือ 1) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบริหาร 2) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม 3) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบริหารสถานศึกษา 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ5) กรอบแนวคิดการวิจัย

แนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย จากประเด็น Research Gap งานวิจัยเดิมศึกษาการมีส่วนร่วมในภาพรวม แต่ยังไม่วิเคราะห์เชิงลึกในมิติการบริหารโรงเรียน จึงได้นำกรอบการบริหารสถานศึกษา 4 งาน ของกระทรวงศึกษาธิการ เป็นกรอบด้านการบริหาร และนำแนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen & Uphoff (1980) เป็นกรอบด้านการมีส่วนร่วม การผสานสองกรอบนี้จะทำให้งานวิจัยมีความชัดเจนทางทฤษฎี สอดคล้องกับบริบทการบริหารโรงเรียนไทย และสามารถแสดงให้เห็นช่องว่างขององค์ความรู้ที่งานวิจัยของท่านเข้ามาเติมเต็มได้อย่างชัดเจน เหมาะสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา และสามารถนำผลการวิจัยไปใช้พัฒนาการบริหารโรงเรียนเทศบาลได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ในบทนี้ จึงเป็นการเสนอวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งจะกล่าว ในรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

การศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา ผู้ศึกษาได้กำหนดวิธีดำเนินการศึกษาโดยเก็บเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้มาจากแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยให้ผู้ตอบเป็นผู้กรอกแบบสอบถามเอง ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เป็นการวิจัยโดยการใช้แบบสอบถาม การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายปิด (Close-Ended Questions)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผู้ปกครองของนักเรียนโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา จำนวน 324 คน (เทศบาลตำบลงิม, 2568)

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ปกครองของนักเรียนโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ)สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษา ด้วยวิธีการคำนวนจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) (1970, p. 225) โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 180 คน และทำการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากผู้ปกครองนักเรียน โดยแบ่งประชากรออกเป็น ตามระดับชั้นของนักเรียน แล้วจึงสุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มตามสัดส่วนของจำนวนประชากรในชั้นนั้น ๆ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นตัวแทน (Representative) ของผู้ปกครองทุกระดับชั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถามแบบให้ตอบซึ่งประกอบด้วย ข้อคำถามทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน

ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา มีลักษณะเป็นคำถามตรวจสอบรายการ (Check List) โดยเป็นแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating scale) ของ Likert (1967: 90)

ส่วนที่ 3 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา มีลักษณะเป็นคำถามตรวจสอบรายการ (Check List) โดยเป็นแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating scale) ของ Likert (1967: 90)

ส่วนที่ 4 เป็นคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับข้อเสนอแนะการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา

2.กำหนดขอบเขตของคำถามให้ครอบคลุมองค์ประกอบที่ทำให้ทราบถึงการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง

3.นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity)ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจและวิจารณ์คำถามแต่ละข้อเพื่อให้ตรงตามเนื้อหา และตรงตามตัวชี้วัดที่ต้องการและครอบคลุมเนื้อหาก่อนนำมาแก้ไข ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องจำแนกเป็นรายข้อ โดยวิธี Item – total Correlation โดยได้ค่า IOC แบบสอบถามทั้งฉบับอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

4.นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะขอผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับผู้ปกครองนักเรียนศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัยทีปังกรการุณยมิตรเทศบาลตำบลงิม สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา จำนวน 30 คน

5.นำแบบสอบถามไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีของ Cronbach (1990: 81) หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไปแสดงว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นสามารถนำไปใช้ได้ โดยค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามในการศึกษาครั้งนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ศึกษาได้ดำเนินการดังนี้

1.ขอหนังสือรับรองและแนะนำตัวผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยพิษณุโลกไปถึงผู้บริหารสถานศึกษาของโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา เพื่อขออนุญาตเข้าทำการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง

2.ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารต่างๆ ที่มี เช่น บันทึกการประชุม และเอกสารของทางราชการที่เกี่ยวข้อง

3.ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามที่รวบรวมทั้งหมดและดำเนินการดังนี้

1.ข้อมูลส่วนที่ 1 สถานภาพส่วนบุคลของกลุ่มตัวอย่าง โดยการแจกแจงความถี่ คิดเป็นค่าร้อยละ นำเสนอในรูปตาราง

2.ข้อมูลส่วนที่ 2 การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยภาพรวมและรายด้าน ดำเนินการดังนี้

1) เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถาม กำหนดดังนี้

การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองมากที่สุด	กำหนดคะแนนให้ 5 คะแนน
การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองมาก	กำหนดคะแนนให้ 4 คะแนน
การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองปานกลาง	กำหนดคะแนนให้ 3 คะแนน
การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองน้อย	กำหนดคะแนนให้ 2 คะแนน
มีส่วนร่วมของผู้ปกครองน้อยที่สุด	กำหนดคะแนนให้ 1 คะแนน

2) เกณฑ์การแปลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565 : 119)

ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40	หมายถึง	มีการดำเนินการปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80	หมายถึง	ผู้ปกครองมีส่วนร่วมน้อยที่สุด

3.ข้อมูลส่วนที่ 3 การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยภาพรวมและรายด้าน ดำเนินการดังนี้

1) เกณฑ์การแปลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565 : 119)

ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00	หมายถึง	มีการปฏิบัติมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20	หมายถึง	มีการปฏิบัติมาก
ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40	หมายถึง	มีการปฏิบัติปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60	หมายถึง	มีการปฏิบัติน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80	หมายถึง	มีการปฏิบัติน้อยที่สุด

4.การเปรียบเทียบสถานภาพส่วนบุคลกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยด้านเพศ ใช้การทดสอบค่าที(t-test)ส่วนด้านอายุ ระดับการศึกษา

อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA or F-test) ถ้าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ LSD

5. ประมวลข้อเสนอแนะการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา นำมาวิเคราะห์เนื้อหาในแต่ละประเด็นแล้วนำมาสรุปในเชิงพรรณนาวิเคราะห์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.สถิติพื้นฐานใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้การทดสอบค่าที (t-test) ความแปรปรวนทางเดียว (F-test One-way ANOVA)ในกรณีที่มีความแตกต่างก็ทดสอบความแตกต่างโดยวิธีการของ LSD

2.สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ใช้วิธี Item – total Correlation และสัมประสิทธิ์แอลฟ่า

3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 111)

4. สูตรหา t-test (Independent samples) โดยคำนวณจากสูตร (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 137 - 138)

5. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(ONE WAY ANOVA)หรือ(F-test) โดยคำนวณจากสูตร (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 143 - 145)

6. การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ การวิจัย โดยใช้สูตร IOC (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 123-124) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกที่มีค่าความสอดคล้องของข้อคำถามตั้งแต่ 0.50 ขึ้น ไป คำถามนั้นตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

4. ผลการวิจัย

1) ผลการวิจัยจากการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม(เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในภาพรวมและรายด้าน

การมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง ในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ)	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการมีส่วนร่วม
1.ด้านการร่วมวางแผน	4.08	0.79	มาก
2.ด้านการร่วมกิจกรรม	3.97	0.80	มาก
3.ด้านการร่วมระดมทรัพยากร	3.90	0.91	มาก
4.ด้านการร่วมประเมินผล	3.73	0.81	มาก
เฉลี่ย	**3.92**	**0.83**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.92, S.D.=0.83) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการ ร่วมวางแผน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.08, S.D.=0.79) ลำดับถัดมา ด้านการร่วมกิจกรรม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.97, S.D.=0.80), ด้านการร่วมระดมทรัพยากร อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.90, S.D.=0.91) และด้านการร่วมประเมินผล อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.73, S.D.=0.83)

2) ผลการศึกษาจากการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในภาพรวมและรายด้าน

การบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ)	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการบริหาร
1.ด้านงานวิชาการ	3.91	0.81	มาก
2.ด้านงานงบประมาณ	3.88	0.73	มาก
3.ด้านงานกิจการนักเรียน	3.78	0.84	มาก
4.ด้านงานประกันคุณภาพการศึกษา	3.82	0.75	มาก
เฉลี่ย	**3.85**	**0.78**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า การบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.85, S.D.=0.78) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านงานวิชาการ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.91, S.D.=0.81) ลำดับถัดมา ด้านงานงบประมาณ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.88, S.D.=0.73), ด้านงานประกันคุณภาพการศึกษา อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.82, S.D.=0.75) และด้านงานกิจการนักเรียน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.78, S.D.=0.84)

3) ผลการวิจัยจากการเปรียบเทียบสถานภาพส่วนบุคลกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบสมมุติฐานข้อมูลสถานภาพส่วนบุคลกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา

สถานภาพส่วนบุคคล	สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน			
	t-test	F - test	Sig.	แปลผล
เพศ	0.422	-	0.588	ปฏิเสธสมมติฐาน
อายุ	-	2.738	**0.029***	ยอมรับสมมติฐาน
ระดับการศึกษา	-	1.766	**0.019***	ยอมรับสมมติฐาน
อาชีพ	-	1.072	0.417	ปฏิเสธสมมติฐาน
รายได้ต่อเดือน	-	1.641	**0.028***	ยอมรับสมมติฐาน

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางคือค่า Sig. * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

1) จากการศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา สามารถสรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.92, S.D.=0.83) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการร่วมวางแผน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.08, S.D.=0.79) ลำดับถัดมา ด้านการร่วมกิจกรรมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.97, S.D.=0.80), ด้านการร่วมระดมทรัพยากร อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.90, S.D.=0.91) และด้านการร่วมประเมินผล อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.73, S.D.=0.83)

2) การบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ)สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา จากการการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก($\bar{X}$=3.85, S.D.=0.78)เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านงานวิชาการ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.91, S.D.=0.81) ลำดับถัดมา ด้านงานงบประมาณ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.88, S.D.=0.73), ด้านงานประกันคุณภาพการศึกษา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.82, S.D.=0.75) และด้านงานกิจการนักเรียน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.78, S.D.=0.84)

3) การเปรียบเทียบสถานภาพส่วนบุคลกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา พบว่า เมื่อจำแนกตามเพศ จำแนกตามอาชีพ พบว่า โดยภาพรวม ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการจำแนกตามอายุ จำแนกตามระดับการศึกษา และจำแนกตามรายได้ต่อเดือน โดยภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

จากการศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.92, S.D.=0.83) เพราะว่าผู้ปกครองมีความตระหนักและให้ความสำคัญต่อการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของโรงเรียน โดยเฉพาะในด้านการร่วมวางแผนที่โรงเรียนเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีบทบาท เช่น การจัดงานและ การพัฒนาแผนการศึกษา รวมถึงด้านการร่วมกิจกรรมที่ผู้ปกครองให้ความร่วมมือเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ที่โรงเรียนจัดขึ้น อาทิ การประชุมผู้ปกครองและกิจกรรมวันเปิดภาคเรียน ซึ่งล้วนมีส่วน ช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียนกับผู้ปกครองและสนับสนุนการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่นด้านการวางแผน ซึ่งทางโรงเรียนเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมอย่างจริงจังในกระบวนการวางแผนกิจกรรมต่างๆ ทั้งการจัดงาน การพัฒนาแผนการศึกษา และการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน โดยโรงเรียนมีการจัดประชุมหรือกิจกรรมเพื่อเชิญชวนผู้ปกครองเข้ามามีบทบาทในการเสนอความคิดเห็น ซึ่งความคิดเห็นดังกล่าวได้รับการรับฟังและนำไปใช้ในการวางแผนกิจกรรมและการพัฒนาโรงเรียน อันเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ปกครองและนักเรียนได้อย่างเหมาะสม ส่วนด้านการร่วมกิจกรรมผู้ปกครองได้ให้ความสำคัญและให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ที่โรงเรียนจัดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะเป็นการประชุมผู้ปกครอง กิจกรรมวันเปิดภาคเรียน หรือกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ ที่เปิดโอกาสให้ผู้ปกครองและนักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาการเรียนการสอนอย่างใกล้ชิด นอกจากนี้ ผู้ปกครองยังมีส่วนร่วมในการจัดและปรับปรุงภูมิทัศน์ของโรงเรียนให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ตลอดจนให้การสนับสนุนด้านวัสดุ อุปกรณ์ และทรัพยากรที่จำเป็นต่อการจัดการศึกษาในโอกาสต่าง ๆ การมีส่วนร่วมดังกล่าวไม่เพียงแต่ช่วยเสริมสร้างคุณภาพการเรียนรู้ แต่ยังเป็นการสร้างความร่วมมือ ความผูกพัน และความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกันระหว่างโรงเรียนกับผู้ปกครอง อันจะนำไปสู่การพัฒนาการศึกษาอย่างยั่งยืน ส่วนด้านการร่วมระดมทรัพยากร ผู้ปกครองได้มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการจัดการศึกษาของโรงเรียน ร่วมระดมทรัพยากรในหลายรูปแบบ ทั้งการบริจาคเงิน สิ่งของ วัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนการอุทิศเวลาและแรงงานเพื่อช่วยเหลือกิจกรรมของโรงเรียน โรงเรียนเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในการระดมทรัพยากรอย่างต่อเนื่อง เช่น การสนับสนุนสถานที่ประกอบการหรือแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนเพื่อใช้เป็นฐานฝึกอาชีพและทักษะการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้ปกครองยังสะท้อนความเชื่อมั่นต่อโรงเรียนว่าการระดมทรัพยากรเป็นไปอย่างโปร่งใส ตรวจสอบได้ และมีการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ซึ่งทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างบ้านและโรงเรียนอย่างยั่งยืน และช่วยเสริมสร้างคุณภาพการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและชุมชนมากยิ่งขึ้น ส่วนในด้านการร่วมประเมินผล โดยที่ผู้ปกครองมีบทบาทในการติดตามและตรวจสอบการดำเนินงานของโรงเรียน ทั้งในด้านการเรียนรู้ของนักเรียน ร่วมในการติดตามผลการเรียนของนักเรียนร่วมกับคณะครู เพื่อสะท้อนพัฒนาการและหาทางแก้ไขเมื่อพบปัญหา นอกจากนี้ ผู้ปกครองยังมีบทบาทในการร่วมประเมินการใช้จ่ายงบประมาณตามแผนที่โรงเรียนกำหนด เพื่อให้เกิดความโปร่งใสและคุ้มค่า รวมถึงการให้ข้อคิดเห็นและ

ข้อเสนอแนะต่อปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการศึกษา ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการศึกษาได้ตรงตามความต้องการของนักเรียนและชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ปรียาภรณ์ ธีระวรากุล และ สมใจ สืบเสาะ. (2566).ได้ศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาของสถานศึกษา ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์เขต 1 ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์เขต 1 โดยภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก

จากการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.85, S.D.=0.78) เพราะว่า โรงเรียนมีความพร้อมและให้ความสำคัญต่อการพัฒนางานบริหารในทุกด้าน เช่น ด้านงานวิชาการ มีการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560 และปรับให้เข้ากับบริบทของท้องถิ่น ซึ่งสะท้อนถึงความมุ่งมั่นของโรงเรียนในการสร้างความเหมาะสมระหว่างมาตรฐานการศึกษาในระดับชาติและความต้องการของชุมชนท้องถิ่น นอกจากนี้ การนิเทศติดตาม และตรวจสอบคุณภาพการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากภายในและภายนอก เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งการประสานความร่วมมือกับชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้ามามีบทบาทในการสนับสนุนและพัฒนาการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการบริหารแบบมีส่วนร่วมที่ชี้ว่าความร่วมมือของทุกภาคส่วนจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการศึกษาที่ยั่งยืน ด้านงานงบประมาณ โรงเรียนมีความรอบคอบและมีระบบในการจัดการงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการวางแผนการใช้งบประมาณอย่างถูกต้องตามระเบียบและกฎหมาย ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด และสอดคล้องกับนโยบายของหน่วยงานต้นสังกัด การแต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการบริหารการเงิน บัญชี และพัสดุ ช่วยสร้างความชัดเจนและความรับผิดชอบในการจัดการทรัพยากรของโรงเรียน นอกจากนี้ ระบบการบริหารจัดการพัสดุและสินทรัพย์ที่ครอบคลุมการจัดหา ควบคุม ดูแล บำรุงรักษา การจำหน่าย และการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพถูกต้องและเป็นปัจจุบัน ยังสะท้อนถึงความโปร่งใสและประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการบริหารงานงบประมาณทางการศึกษาที่เน้นความถูกต้อง โปร่งใส และความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรเพื่อสนับสนุนคุณภาพการเรียนการ ด้านงานกิจการนักเรียน โรงเรียนได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนอย่างรอบด้าน ไม่เพียงแต่ด้านวิชาการ แต่ยังรวมถึงด้านคุณธรรม จริยธรรม และทักษะชีวิต โดยโรงเรียนมีการประชุมชี้แจงระเบียบวินัยเพื่อสร้างความเข้าใจตรงกันระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งช่วยส่งเสริมวินัยและความรับผิดชอบของนักเรียน นอกจากนี้ โรงเรียนยังจัดกิจกรรมที่ตอบสนองต่อความสนใจ ความถนัด และความต้องการของนักเรียน ทั้งในด้านกิจกรรมสร้างสรรค์ กิจกรรมเพื่อสังคม และกิจกรรมสาธารณะประโยชน์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการศึกษาที่เน้นพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม (Holistic Education) โดยการมีส่วนร่วมของนักเรียนในกิจกรรมต่าง ๆ จะช่วยสร้างทักษะชีวิต เสริมสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และส่งเสริมความรับผิดชอบต่อสังคม และด้านงานประกันคุณภาพการศึกษา โรงเรียนมีระบบและกลไกในการกำกับดูแลคุณภาพการศึกษาที่ชัดเจน โดยโรงเรียนได้กำหนดมาตรฐานการศึกษาระดับสถานศึกษาที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ นักเรียน ครูผู้สอน และผู้บริหาร นอกจากนี้ โรงเรียนยังมีการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้กับครูและบุคลากรทุกฝ่าย เพื่อให้ทุกคนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างสอดคล้องกับมาตรฐานและเป้าหมายที่ตั้งไว้ การมีคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาที่ทำหน้าที่ให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำเกี่ยวกับการประเมินผลภายในสถานศึกษายังช่วยสร้างความโปร่งใสและการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการประกันคุณภาพภายในที่เน้นการติดตาม ตรวจสอบ และพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับมาตรฐานการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและสังคม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัคสิฐาพร เจริญสวัสดิ์. (2565). ได้ศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์ โดย

ภาพรวม ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการดำเนินการ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ด้านการประเมินผล และต่ำสุดคือ ด้านการรับผลประโยชน์ แนวทางการพัฒนาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ดังนี้ 1) แต่งตั้งผู้ปกครองเป็นคณะทำงานแต่ละระดับชั้นเรียน 2) โรงเรียน ชุมชน และผู้ปกครองร่วมกันพิจารณาแหล่งเรียนรู้ในระดับชุมชน 3) การจัดการเรียนการสอนโดยการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง เป็นการสร้างความเข้าใจอันดีระหว่างผู้ปกครองและนักเรียน และ 4) คณะกรรมการระดับชั้นเรียน ทำหน้าที่ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานของโรงเรียน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

การเปรียบเทียบสถานภาพส่วนบุคคลกับการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา เมื่อจำแนกตามเพศ จำแนกตามอาชีพ พบว่า โดยภาพรวม ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการจำแนกตามอายุ จำแนกตามระดับการศึกษา และจำแนกตามรายได้ต่อเดือน โดยภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พลอยจันทร์ นุชชาต.(2564). ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองนักเรียนในการส่งเสริมการพัฒนาโรงเรียนอนุบาล บ้านแพ้ว (วันครู 2500) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร พบว่า ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของ มีส่วนร่วมในการจัดการและส่งเสริมการพัฒนาโรงเรียนอนุบาลบ้านแพ้ว ของผู้ปกครองนักเรียนพบว่า 1) การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองนักเรียนที่เป็นเพศชายกับเพศหญิง มีความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมในการ จัดการและส่งเสริมการพัฒนาโรงเรียนอนุบาลบ้านแพ้ว แตกต่างกัน 2) การมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง นักเรียนที่อายุแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการและส่งเสริมการพัฒนาโรงเรียน อนุบาลบ้านแพ้ว แตกต่างกัน 3) การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองนักเรียนที่ระดับการศึกษาแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

จากการศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจ่ำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1.ผู้บริหารโรงเรียนต้องให้ความสำคัญกับการเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองได้เข้าร่วมกิจกรรมของโรงเรียนไม่ว่าจะเป็นการจัดให้มีการพูดคุย พบปะระหว่างครูและผู้ปกครอง, การจัดให้ครูเข้าเยี่ยมบ้านของนักเรียนและผู้ปกครอง, การจัดให้มีกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียนและครอบครัวและการเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองได้มีส่วนร่วมในการจัดสภาพแวดล้อมในโรงเรียน จะเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนให้ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของผู้ปกครองมีจำนวนมากขึ้น

2.ผู้บริหารโรงเรียนเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในนิเทศการศึกษา การแนะแนวทางการเรียนรู้ และการประเมินผลของโรงเรียน ช่วยสร้างความร่วมมือระหว่างบ้านและโรงเรียน สนับสนุนการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน และเสริมสร้างความโปร่งใสและความรับผิดชอบในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา

3.ผู้บริหารเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในการตรวจสอบ ติดตาม และประเมินผล รวมถึงการรายงานผลการใช้เงินของโรงเรียน เป็นกลไกสำคัญในการสร้างความโปร่งใสและความรับผิดชอบทางการเงินของสถานศึกษา นอกจากนี้ผู้ปกครองยังสามารถสนับสนุนการระดมทรัพยากร จัดหาทุนการศึกษา และมีส่วนร่วมในการเสนอและจัดสรรงบประมาณของโรงเรียน ซึ่งช่วยเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างผู้ปกครอง ครู และผู้บริหารโรงเรียน ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและประสิทธิภาพการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน

4.ผู้บริหารโรงเรียนมีการจัดทำเอกสารและจดหมายข่าวถึงผู้ปกครอง รวมทั้งจัดให้มีการประชาสัมพันธ์โครงการและกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน เพื่อให้ผู้ปกครองรับทราบข้อมูลทั้งในรูปแบบทางการและไม่เป็นทางการ การดำเนินการดังกล่าวเป็นการสนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างความเข้าใจและความใกล้ชิดระหว่างโรงเรียนกับผู้ปกครอง อีกทั้งยังช่วยให้โรงเรียนได้รับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5. ผู้บริหารโรงเรียนได้มีการเชิญผู้ปกครองเข้ามาแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตร การพัฒนาหลักสูตร และการกำหนดนโยบายของโรงเรียนที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองเพื่อการพัฒนาโรงเรียน ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญที่สามารถส่งผลต่อระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของผู้ปกครอง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรดำเนินการศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการจัดการศึกษาของโรงเรียนในพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตการศึกษาที่แตกต่างกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของระดับการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการจัดการศึกษา

2. ควรมีการศึกษาระดับการจัดการเพื่อให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของโรงเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการที่โรงเรียนเป็นผู้ริเริ่มและดำเนินการเอง รวมทั้งศึกษาผลกระทบของการจัดการดังกล่าวต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักเรียน

3.ควรมีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จ รวมถึงปัจจัยที่เป็นปัญหาและอุปสรรคในการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองและผู้นำชุมชนในการบริหารสถานศึกษา

6. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา การศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ให้กำลังใจ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านของมหาวิทยาลัยพิษณุโลก รวมทั้งคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแก่ผู้วิจัยอย่างดี นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบความสอดคล้องของเครื่องมือวิจัย ซึ่งช่วยให้เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัวและผู้มีพระคุณทุกท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จ และ ให้กำลังใจเสมอมา ขอขอบพระคุณผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนเทศบาลตำบลงิม (เวียงจำ) สังกัดเทศบาลตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา รวมทั้งผู้ให้ข้อมูลทุกท่าน ที่กรุณาตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาสารนิพนธ์ฉบับนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] บัลลังก์ โรหิตเสถียร. (2566). **นโยบายและจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567.** สืบค้นจาก https://moe360.blog/2023/01/04/policy-and-focus-moe-fiscal-year-2024/

[2] อุกฤษฎ์ ดอนบรรเทา และ เอกราช โฆษิตพิมานเวช. (2567). การบริหารจัดการสถานศึกษายุคใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ. **วารสารมณีเชษฐาราม วัดจอมมณี.** 7(2), 529-545.

[3] เทศบาลตำบลงิม. (2568). **ข้อมูลพื้นฐาน เทศบาลตำบลงิม.** สืบค้นจาก https://www.tessabanngim.go.th/tambon/society.

[4] Cohen, John M and Norman T Uphoff. (1980). “Participation's Place in Rural Develop: Seeking clarity Through Specificity”. World Development.

[5] Taro Yamane. (1970). **Statistic : an Introductory Analysis.** 2nd ed. New York: Harper & Row.

[6] Likert, Rensis. (1967). **The Human Organization: Its Management and Value.** New York.

[7] Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of psychological testing.** (5th ed.). New York: Harper & Row. pp. 202-204.

[8] ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2565). **สถิติเพื่อการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] ปรียาภรณ์ ธีระวรากุล และ สมใจ สืบเสาะ. (2566). **การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาของสถานศึกษา ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์ เขต 1.** วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย, 7(1), 142-156. สืบค้นจาก https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jeir/article/view/257879

[10] ภัคสิฐาพร เจริญสวัสดิ์. (2565). **การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี**. วารสารชมรมบัณฑิตศิลป์, 3(2). สืบค้นจาก https://so13.tci- thaijo.org/index.php/jotgac/article/view/895

[11] พลอยจันทร์ นุชชาต. (2564). **การศึกษาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองนักเรียนในการส่งเสริมการพัฒนาโรงเรียนอนุบาล บ้านแพ้ว (วันครู 2500) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร.** วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี สืบค้นจาก https://journal.bkkthon.ac.th/upload/doc/spit/52/files/7%20

การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

ภานุวัฒน์ พันธุรี,[1] ประจวบ จันทร, [2] วิรัช พานช้าย, มานพ เกตุเมฆ และรัตน์ชนก พราหมณ์ศิริ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

Juntorn042502@gmail.com; wiruchphansai@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของบุคลากรทางการศึกษาในด้านการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 2) เพื่อเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของบุคลากรทางการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยจำแนกตามตำแหน่ง 3) เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการ อาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 กลุ่มตัวอย่างได้แก่ บุคลากรทางการศึกษาสถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 จำนวน 242 คน ประกอบด้วย ผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารสถานประกอบการ ครูผู้สอน และครูฝึกในสถานประกอบการ และผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ จำนวน 9 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .859 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ T-Test

ผลการวิจัยพบว่า (1) การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมากที่สุด เรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อยดังนี้ ด้านการจัดการหลักสูตร ด้านการจัดการฝึกอาชีพ ด้านการวัดผลและประเมินผล และด้านการจัดการเรียนการสอน (2) ผลเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของบุคลากรทางการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยจำแนกตามตำแหน่ง พบว่า ระหว่างผู้บริหารสถานศึกษาและผู้บริหารสถานประกอบการ ระหว่างครูผู้สอนและครูฝึกในสถานประกอบการ และระหว่างบุคลากรในสถานศึกษาและบุคลากรในสถานประกอบการ ในด้านการจัดการหลักสูตร ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการฝึกอาชีพ ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ปัญหาพบว่า หลักสูตรขาดความยืดหยุ่น การเรียนการสอนเน้นทฤษฎี การฝึกอาชีพจำกัด และการวัดผลยังเน้นการสอบมากกว่าสมรรถนะ ข้อเสนอแนะ คือ การปรับหลักสูตรแบบยืดหยุ่นโดยมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ เร่งพัฒนาครูดิจิทัลและการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ขยายความร่วมมือด้วย MOU และคู่มือมาตรฐานการฝึกอาชีพ พร้อมเปลี่ยนไปใช้การประเมินสมรรถนะ

คำสำคัญ การบริหารเครือข่ายความร่วมมือ การจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี อาชีวศึกษา

Management of Cooperative Networks for Dual Vocational Education Administration by Educational Institutions under the Institute of Vocational Education Region 3

Phanuwat Phanthuree[1] Prachaub Juntorn[2]and Wiruch Phansai

Juntorn042502@gmail.com; wiruchphansai@gmail.com

ABSTRACT

This research Aims to 1) investigate the level of opinion among educational personnel regarding the management of cooperative networks for Dual Vocational Education (DVE) administration by educational institutions under the Institute of Vocational Education Region 3, 2) compare the opinions classified by position, and 3) examine problems and provide suggestions. The sample consisted of 242 educational personnel, including institutional administrators, enterprise administrators, teachers, and in-company trainers, as well as 9 key informants for interviews. Instruments included a questionnaire (reliability of .859) and interviews. Data were analyzed using frequency, mean ($\bar{x}$), standard deviation (S.D.), and T-Test.

The findings indicated that (1) the overall opinion regarding DVE cooperative network management was at the Highest Level. The mean scores, ranked from high to low, were: Curriculum Management, Professional Training Management, Measurement and Evaluation, and Instructional Management. (2) Comparison of Educational Personnel's Perceptions on the Management of Cooperative Networks in Dual Vocational Education under the Northern Vocational Education Institute 3, Classified by Position The results revealed that there were no statistically significant differences at the 0.05 level in perceptions between school administrators and enterprise managers, between teachers and enterprise trainers, or between personnel from educational institutions and those from enterprises in terms of curriculum management, teaching and learning management, vocational training management, and student assessment and evaluation. (3) Problems identified include inflexible curricula, insufficient enterprise participation, instructional emphasis on theory, limited scope and duration of professional training, and assessment focusing on testing rather than competency. Suggestions involve adopting flexible (Modular) curricula with strong enterprise collaboration, accelerating digital teacher development and practical learning, expanding cooperation through MOUs and standardized training manuals, and shifting assessment toward Competency-based Assessment.

Keywords: Collaborative network administration, Dual vocational education management, Vocational education

1.บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศได้รับการส่งเสริมและมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากและเนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคตมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี จึงส่งผลให้แรงงานในระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมต้องมีความรู้ ความสามารถทั้งด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ตามที่ระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมนั้นๆ ต้องการ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา สถาบันการอาชีวศึกษา แลสถานศึกษามุ่งเน้นการมีส่วนร่วมกับสถานประกอบการในการพัฒนาหลักสูตร การฝึกอาชีพ และฝึกประสบการณ์ สมรรถนะวิชาชีพ สนับสนุนครุภัณฑ์การเรียนการสอนและการเตรียมความพร้อมในด้านสภาพแวดล้อมทางการศึกษาต่างๆ การพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนการสอนต้องมุ่งเน้นการเรียนรู้สู่การปฏิบัติ มีการจัดกรรมเสริมหลักสูตร รวมถึงมีการประเมินมาตรฐานวิชาชีพผู้เรียนอาชีวศึกษาทุกคนก่อนสำเร็จการศึกษา โดยจัดทำเป็นแผนพัฒนาการจัดการศึกษาของสถานศึกษา และนำไปสู่การปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล มีการจัดตั้งสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยการรวมสถานศึกษาอาชีวศึกษา ประกอบด้วย วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก วิทยาลัยอาชีวศึกษาพิษณุโลก วิทยาลัยพณิชยการบึงพระพิษณุโลก วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรดิตถ์ โดยกำหนดให้สถานศึกษาในสังกัด มีอำนาจหน้าที่จัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาและฝึกอบรมวิชาชีพ เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนในด้านวิชาชีพระดับฝีมือและระดับเทคนิค ให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ตามหลักสูตรมาตรฐานการอาชีวศึกษาและมาตรฐานวิชาชีพ รวมทั้งสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานทั้งภายในและต่างประเทศ ประสานความร่วมมือกับหน่วยงานของภาครัฐและเอกชน ชุมชน สังคม สถานประกอบการในการจัดการอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมวิชาชีพ ให้มีความรู้ ความสามารถในทางปฏิบัติและมีสมรรถนะจนสามารถนำไปประกอบอาชีพในลักษณะผู้ปฏิบัติหรือประกอบอาชีพอิสระได้ รวมทั้งเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้วยตนเอง การให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชนและสังคม เป็นต้น กำหนดให้การจัดการศึกษาอาชีวศึกษาสามารถจัดโดยรูปแบบการศึกษาในระบบและรูปแบบการศึกษาระบบทวิภาคี โดยกำหนดให้นักเรียน นักศึกษา เข้าฝึกประสบการณ์สมรรถนะวิชาชีพหรือการฝึกอาชีพ หรือการฝึกภาคสนามในสถานประกอบการทั้งภาครัฐและเอกชน การจัดการศึกษาอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี เป็นการจัดการศึกษาวิชาชีพที่เกิดจากข้อตกลงระหว่างสถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบัน กับสถานประกอบการ รัฐวิสาหกิจหรือหน่วยงานของรัฐ ในเรื่องการจัดหลักสูตรการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผล โดยผู้เรียนใช้เวลาส่วนหนึ่งในสถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันและเรียนภาคปฏิบัติในสถานประกอบการรัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และฝึกปฏิบัติจากประสบการณ์จริง โดยมุ่งเน้นการผลิตกำลังคนอาชีวศึกษาที่มีสมรรถนะสูง มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ สามารถปรับตัวเท่าทันเทคโนโลยีปัจจุบันและเชื่อมโยงองค์ความรู้ เพื่อพัฒนาการทำงานให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทั้งในปัจจุบันและอนาคต รวมทั้งการเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และ ด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ตามมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละระดับการศึกษา เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ มาตรฐานการศึกษาของชาติกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ และมาตรฐานคุณวุฒิอาชีวศึกษาแต่ละระดับ ตลอดจนยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ โดยให้ความสำคัญกับการสร้างแรงจูงใจให้สถานประกอบการที่มีศักยภาพเข้าร่วมจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ส่งเสริมการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ เกิดความร่วมมือในการผลิตและพัฒนากำลังคนอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การพัฒนาหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนการสอน การพัฒนาผู้สอนทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการ การสร้างแรงจูงใจใฝ่เรียนรู้ของผู้เรียน พัฒนากำลังคนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 รองรับความต้องการกำลังคนในการพัฒนาประเทศ การจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีจึงเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่กำหนดสมรรถนะของผู้สำเร็จการศึกษาจากความต้องการของสถานประกอบการรัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐอย่างแท้จริง (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา: 2567)

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสังเคราะห์ได้ว่ายังขาดรูปแบบการบริหารจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีที่บูรณาการความร่วมมือระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ โดยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านการบริหาร การมีส่วนร่วมของสถานประกอบการ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และผลลัพธ์ด้านสมรรถนะของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ และยังไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความสำเร็จของการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีในบริบทของสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 การศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะใช้การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) โดยในระยะแรกใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาระดับปัญหาในการบริหารเครือข่ายความร่วมมือ และในระยะที่สองใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารสถานศึกษา ครูผู้รับผิดชอบงานอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี และผู้แทนสถานประกอบการ รวมทั้งการวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาและสังเคราะห์ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติในการพัฒนาการบริหารเครือข่ายความร่วมมือ แนวทางนี้จะทำให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เพราะสามารถอธิบายได้ทั้ง **"เกิดปัญหาอะไร"**, **"ปัญหาเกิดจากอะไร"**, และ **"ควรแก้ไขอย่างไร"** ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเหมาะสมสำหรับงานวิจัยระดับดุษฎีบัณฑิต โดยเฉพาะงานด้านการบริหารการศึกษาและการพัฒนารูปแบบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือ

ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาและทำความเข้าใจถึงสภาพปัจจุบัน ปัญหา และข้อเสนอแนะในการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยมีเป้าหมายเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้บริหารและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ในการปรับปรุงและพัฒนากลไกการทำงานร่วมกันระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้การผลิตกำลังคนด้านอาชีวศึกษาสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานได้อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของบุคลากรทางการศึกษาในด้านการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

2. เพื่อเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของบุคลากรทางการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยจำแนกตามตำแหน่ง

3. เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

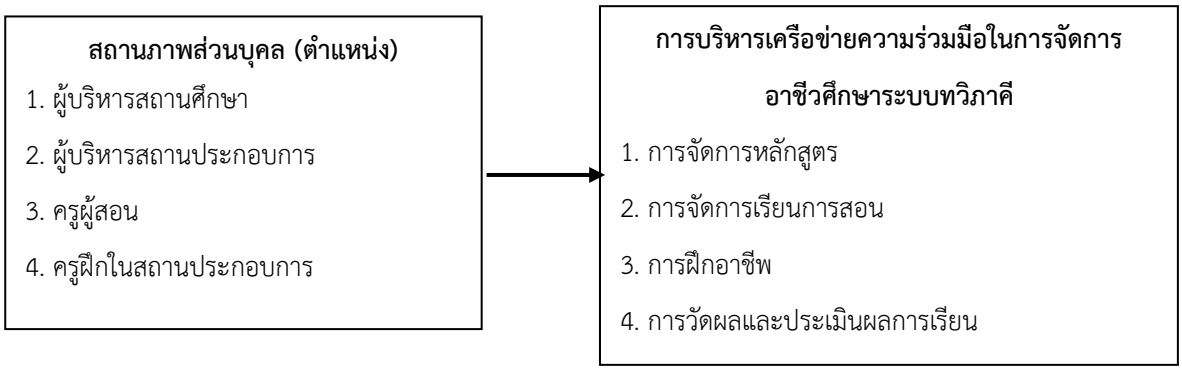
การศึกษาวิจัยเรื่อง การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าและนำเสนอแนวคิด ทฤษฎี หลักการ จากตำรา เอกสาร วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้ 1. แนวคิดทฤษฎีการบริหารสถานศึกษา 1) ความหมายของการบริหารสถานศึกษา 2) แนวคิดเกี่ยวกับทักษะของผู้บริหารสถานศึกษา 2. แนวคิดการบริหารเครือข่ายความร่วมมือ 1) ความหมายเครือข่ายความร่วมมือ 2 การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ 3. แนว๗คิดการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี 1) ความเป็นมาการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี 2) หลักการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี 3) บทบาทและหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี 4. องค์ประกอบและกระบวนการบริหารจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี 1) ด้านการจัดการหลักสูตร 2) ด้านการจัดการเรียนการสอน 3) ด้านการฝึกอาชีพ 4) ด้านการวัดผลและประเมินผล

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีจำเป็นต้องอาศัยหลักการบริหารสถานศึกษา ทักษะของผู้บริหาร และหลักการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ เพื่อเชื่อมโยงการทำงานระหว่างสถานศึกษากับสถานประกอบการให้เกิดความร่วมมืออย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ การบริหารเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพจะสนับสนุนการดำเนินงานใน 4 ด้าน ได้แก่ การจัดการหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การฝึก

อาชีพ และการวัดผลและประเมินผล อันนำไปสู่การจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีที่มีคุณภาพและตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงาน การพัฒนากรอบแนวคิดวิจัยทางการศึกษา หากต้องการให้กรอบแนวคิดมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น โดย**สังเคราะห์องค์ประกอบของ "การบริหารเครือข่ายความร่วมมือ" จากงานวิจัยและทฤษฎีหลายแหล่ง** ก่อน แล้วจึงคัดเลือกองค์ประกอบที่ปรากฏซ้ำและมีความสอดคล้องกับบริบทการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี เช่น การกำหนดวิสัยทัศน์ร่วม การสร้างความไว้วางใจ การสื่อสาร การมีส่วนร่วม การแบ่งปันทรัพยากร การประสานงาน และการติดตามประเมินผล จากนั้นจึงเชื่อมโยงองค์ประกอบเหล่านี้กับผลลัพธ์ของการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีทั้ง 4 ด้าน วิธีการดังกล่าวจะทำให้กรอบแนวคิดมีเหตุผลรองรับชัดเจน โดยยึด ตามกรอบแนวคิดการจัดการศึกษาระบบทวิภาคี ตามประกาศคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2563 : 29 - 33.) ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้ 1) การจัดการหลักสูตร 2) การจัดการเรียนการสอน 3) การฝึกอาชีพ 4) การวัดผลและประเมินผลการเรียน ผู้วิจัยสรุปเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) **ตัวแปรตาม (Dependent Variables)**



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การจัดทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเรื่อง การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Method) โดยใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล และใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปตารางประกอบ คำอธิบายเชิงเหตุผลเป็นรายด้านและรายข้อ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บุคลากรทางการศึกษา สถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ที่จัดการเรียนการอสนระบบทวิภาคี จำนวน 8 แห่ง คือ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก วิทยาลัยอาชีวศึกษาพิษณุโลก วิทยาลัยพณิชยการบึงพระพิษณุโลก วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรดิตถ์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน ทั้งสิ้น 650 คน

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัย การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ได้แก่บุคลากรทางการศึกษา สถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ที่จัดการเรียนการสอนระบบทวิภาคี จำนวน 8 แห่ง คือ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก วิทยาลัยอาชีวศึกษาพิษณุโลก วิทยาลัยพณิชยการบึงพระพิษณุโลก วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์

วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรดิตถ์ จำนวน 242 คน จำแนกเป็น ผู้บริหาร จำนวน 15 คน ผู้บริหารสถานประกอบการ จำนวน 46 คน ครูผู้สอน จำนวน 88 คน และครูฝึกในสถานประกอบการ จำนวน 93 คน ซึ่งได้มาโดยใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของตารางเครจซีและมอร์แกน (Krejcie; & Morgan. 1970)

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ จำนวน 9 คน กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ทฤษฎีไม่ใช่ความน่าจะเป็น (Nonprobability sampling) ด้วยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกสถานศึกษาที่ได้รับรางวัลดีเด่นและสถานประกอบการที่ร่วมกันจัดการศึกษาระบบทวิภาคีกับสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 อย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 4 คน ครูผู้สอน จำนวน 3 คน และผู้บริหารสถานประกอบการ จำนวน 2 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นจากกรอบแนวคิดที่ได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมมาจากหนังสือ วิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม คำถามใช้มาตรวัดแบบ Nominal Scale ชนิดเลือกตอบ (Check–list) ได้แก่ เพศ ตำแหน่ง และประสบการณ์การทำงาน

ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นต่อการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 เป็นแบบสอบถามชนิดเลือกตอบ (Check–list) โดยคำถามใช้แบบมาตรประมาณค่า (Rating scale) ตามแบบของไลเคอร์ท มี 5 ระดับ ความคิดเห็น (บุญชม ศรีสะอาด, 2542 : 69 - 71) แต่ละคำถามมีคำตอบให้เลือกตามลำดับความคิดเห็น 5 ระดับ

2) แบบสัมภาษณ์ ใช้เก็บข้อมูลผู้ให้ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ ตำแหน่ง ชื่อสถานศึกษา ขนาดสถานศึกษา และวันเดือนปีที่สัมภาษณ์

ตอนที่ 2 ประเด็นคำถามและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ใน 4 ด้าน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ มีรายละเอียดการสร้างและหาประสิทธิภาพ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสาร หลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือใกล้เคียงกันกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษา เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเลือกตัวแปรออกมาเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา และกำหนดประเด็นเพื่อสร้างแบบสอบถาม การกำหนดขอบข่ายของข้อคำถาม ตลอดจนได้ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating scale)

2) สร้างแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ตามกรอบแนวคิดการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษา ประกอบด้วย

3) นำแบบสอบถามฉบับร่างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของคำถาม และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

4) นำแบบสอบถามที่แก้ไขเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ได้ค่า IOC (Index of item objective congruence) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00

5) นำแบบสอบถามไปทดลอง (Try out) กับผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารสถานประกอบการ ครูผู้สอน และครูฝึกในสถานประกอบการของสถานศึกษาในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างแต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน หาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach, 1990 อ้างถึงใน ไพศาล วรคา, 2556: 288) โดยรวมได้ค่าความเชื่อมั่น 0.85

8) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามทั้งฉบับเป็นครั้งสุดท้าย โดยคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง และมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์หนังสือจาก มหาวิทยาลัยพิษณุโลก ถึงผู้อำนวยการสถานศึกษา สถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 จำนวน 8 แห่ง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

2) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลแบบออนไลน์ โดยให้ google form เนื่องจากสถานศึกษาอยู่ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดพิษณุโลก

3) ผู้วิจัยได้รับข้อมูลแบบออนไลน์ google form เป็นข้อมูลที่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 100

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยกำหนดวันนัดหมายผู้ให้ข้อมูล จำนวน 9 คน คือ ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 4 คน ครูผู้สอน จำนวน 3 คน และผู้บริหารสถานประกอบการ จำนวน 2 คน ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูล โดยใช้แบบสัมภาษณ์รายบุคคล นำข้อมูลที่จดบันทึกและข้อมูลที่บันทึกด้วยเทปบันทึกเสียงที่ถูกถอดออกมาเป็นบทสนทนา มาสังเคราะห์เนื้อหาปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดย นำข้อมูลจาก google form มาตรวจสอบความสมบูรณ์ ความถูกต้องในการตอบนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปตาราง ประกอบด้วยเพศ ตำแหน่ง และประสบการณ์การทำงาน สถิติที่ใช้คือ ความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)

2)วิเคราะห์ระดับความคิดเห็นต่อการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปตารางประกอบ คำอธิบายเชิงเหตุผลเป็นรายด้านและรายข้อ สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พร้อมทำการเปรียบเทียบ โดยการหาค่า t-test (Independent sample) และ ค่า Sig เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแปรความหมายตามเกณฑ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560: 121)

3) วิเคราะห์เนื้อหาจากแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่จดบันทึกและข้อมูลที่บันทึกด้วยเทปบันทึกเสียงที่ถูกถอดออกมาเป็นบทสนทนา มาวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยสภาพการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ในการหาค่าสถิติพื้นฐาน

สถิติในการหาคุณภาพเครื่องมือ และสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ กรมวิชาการ (2545: 65)

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง IOC, การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิแอลฟา (α – coefficient) (เกษม สาหร่ายทิพย์, 2539: 186), ทดสอบทางสถิติแบบ t-test (Independent Sample)

4. ผลการวิจัย

1) ผลการวิเคราะห์การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบ ทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ดังแสดงในตารางที่1

ตารางที่ 1 การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ในภาพรวม

การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านการจัดการหลักสูตร	4.58	0.52	มากที่สุด
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.51	0.55	มากที่สุด
3. ด้านการจัดการฝึกอาชีพ	4.52	0.52	มากที่สุด
4. ด้านการวัดผลและประเมินผล	4.51	0.54	มากที่สุด
รวม	**4.53**	**0.54**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 พบว่า การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของ สถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.53, **S.D.** = 0.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการจัดการหลักสูตร ($\overline{X}$ = 4.58, **S.D.** = 0.52) ด้านการจัดการฝึกอาชีพ ($\overline{X}$ = 4.52, **S.D.** = 0.52) ด้านการวัดผลและประเมินผล ($\overline{X}$ = 4.51, **S.D.** = 0.54) และด้านการจัดการเรียนการสอน ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55)

2) ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบ ทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยจำแนกตามตำแหน่ง แสดงดังตารางที่ 2,3,4

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการ อาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 รายด้าน ของผู้บริหารสถานศึกษาและผู้บริหารสถานประกอบการ

การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี	ตำแหน่ง				t	p-value (Sig.)	ผลการเปรียบเทียบ (ที่ระดับ .05)
	ผู้บริหารสถานศึกษา		ผู้บริหารสถานประกอบการ				
	$\overline{X}$	S.D	$\overline{X}$	S.D			
1. ด้านการจัดการหลักสูตร	4.63	0.52	4.55	0.54	1.096	0.276	ไม่พบความแตกต่าง
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.55	0.53	4.48	0.59	1.48	0.147	ไม่พบความแตกต่าง
3. ด้านการฝึกอาชีพ	4.54	0.50	4.52	0.56	0.231	0.817	ไม่พบความแตกต่าง
4. ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน	4.58	0.53	4.49	0.57	-0.150	0.881	ไม่พบความแตกต่าง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 รายด้าน ของครูผู้สอนและครูฝึกในสถานประกอบการ

การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี	ตำแหน่ง				t	p-value (Sig.)	ผลการเปรียบเทียบ (ที่ระดับ .05)
	ครูผู้สอน		ครูฝึกในสถานประกอบการ				
	$\overline{X}$	S.D	$\overline{X}$	S.D			
1. ด้านการจัดการหลักสูตร	4.57	0.49	4.58	0.51	1.94	0.054	ไม่พบความแตกต่าง
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.51	0.52	4.50	0.54	1.83	0.069	ไม่พบความแตกต่าง
3. ด้านการฝึกอาชีพ	4.52	0.49	4.48	0.52	0.00	1.000	ไม่พบความแตกต่าง
4. ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน	4.50	0.50	4.45	0.54	1.29	0.198	ไม่พบความแตกต่าง

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 รายด้านของบุคลากรในสถานศึกษาและบุคลากรในสถานประกอบ

การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี	ตำแหน่ง				t	p-value (Sig.)	ผลการเปรียบเทียบ (ที่ระดับ .05)
	บุคลากรในสถานศึกษา		บุคลากรในสถานประกอบ				
	$\overline{X}$	S.D	$\overline{X}$	S.D			
1. ด้านการจัดการหลักสูตร	4.60	0.49	4.57	0.53	0.491	0.624	ไม่พบความแตกต่าง
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน	4.53	0.52	4.49	0.57	0.589	0.556	ไม่พบความแตกต่าง
3. ด้านการฝึกอาชีพ	4.53	0.49	4.50	0.54	0.518	0.605	ไม่พบความแตกต่าง
4. ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน	4.54	0.50	4.47	0.56	1.109	0.286	ไม่พบความแตกต่าง

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

จากการศึกษา พบว่า การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของ สถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยภาพรวมและรายได้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.53, **S.D.** = 0.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการจัดการหลักสูตร มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.58, **S.D.** = 0.52) ด้านการจัดการฝึกอาชีพ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52, **S.D.** = 0.52) ด้านการวัดผลและประเมินผล มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.51, **S.D.** = 0.54) และด้านการจัดการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55)

การเปรียบเทียบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบ ทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยจำแนกตามตำแหน่ง ระหว่างผู้บริหารสถานศึกษาและผู้บริหารสถานประกอบการ ระหว่างครูผู้สอนและครูฝึกในสถานประกอบการ และระหว่างบุคลากรในสถานศึกษาและบุคลากรในสถานประกอบ ในด้านการจัดการหลักสูตร ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการฝึกอาชีพ ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรี ยน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าการเปรียบเทียบความร่วมมือในระดับปฏิบัติการและนโยบายมีความคิดเห็นสอดคล้องกันอย่างมาก โดยเฉพาะการรับรู้ร่วมกันระหว่างผู้บริหารสถานศึกษา

กับผู้บริหารสถานประกอบการ และครูผู้สอนกับครูฝึกในสถานประกอบการในทุกด้าน ยืนยันถึงความเข้าใจและมาตรฐานการปฏิบัติที่เป็นเอกภาพในการจัดการระบบทวิภาคี

อภิปรายผล

ผลการวิจัยที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็น **ข้อเสนอเชิงนโยบาย (Policy Recommendations)** สำหรับหน่วยงานที่กำกับดูแลการอาชีวศึกษา ทั้งในระดับประเทศ ระดับสถาบัน และระดับสถานศึกษา เพื่อยกระดับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือให้มีประสิทธิภาพ เกิดความเชื่อมโยงระหว่างการผลิตกำลังคนกับความต้องการของภาคการผลิตและบริการ และนำไปสู่การพัฒนาระบบอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีที่มีคุณภาพ มีความยั่งยืน และสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจและสังคมในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการจัดการหลักสูตร ด้านการจัดการฝึกอาชีพ ด้านการวัดผลและประเมินผล และด้านการจัดการเรียนการสอน ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการดำเนินการตามนโยบายและแนวทางของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ที่มุ่งเน้นการสร้างความร่วมมือที่เข้มแข็งระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกมิติมีความเข้าใจและมีส่วนร่วมอย่างมีประสิทธิภาพ ในการขับเคลื่อนการศึกษาในระบบทวิภาคีให้เกิดประสิทธิผลครอบคลุมทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านการจัดการหลักสูตร ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการจัดการฝึกอาชีพ และด้านการวัดผลและประเมินผล สอดคล้องกับงานวิจัยของพงศ์สิลป์ รัตนอุดม (2565) ทำการวิจัย เรื่อง รูปแบบนวัตกรรมการบริหารจัดการการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีวิทยาลัยการอาชีพกาญจนาภิเษกหนองจอก พบว่า ประสิทธิภาพรูปแบบการบริหารจัดการการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี วิทยาลัยการอาชีพกาญจนาภิเษกหนองจอก มีความสอดคล้อง และมีความเป็นไปได้ ในระดับมาก และ ประสิทธิผลรูปแบบการบริหารจัดการการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี วิทยาลัยการอาชีพกาญจนาภิเษก หนองจอก มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก การมีงานท า การมีรายได้ การศึกษาต่อหรือการประกอบอาชีพอิสระ ปีการศึกษา 2563 เพิ่มขึ้น 15 % ปริมาณผู้เรียนอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีเพิ่มขึ้น 5.65 % ความร่วมมือของสถานประกอบการเพิ่มขึ้น 136.82 % จำนวนสถานประกอบการที่รับผู้เรียนอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีเข้าฝึกอาชีพ เพิ่มขึ้น 14.28% และความคิดเห็นของสถานประกอบการ ในภาพรวมมีโอกาสเป็นไปได้มาก และสามารถสรุปผลตามรายด้าน ดังนี้

ด้านการจัดการหลักสูตร โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการบูรณาการความร่วมมือระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการในการพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องตระหนักถึงความสำคัญ มีการออกแบบหลักสูตรที่ยืดหยุ่นและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม มีการประชุม/อบรมให้ครู ผู้ที่เกี่ยวข้องศึกษาและทำความเข้าใจหลักสูตรการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีก่อนนำไปใช้ มีการกำหนดคุณสมบัติของผู้เรียนเหมาะสมตามหลักสูตรการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี หลักสูตรที่จัดทำร่วมกับสถานประกอบการมีความสอดคล้องกับกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ มีการกำหนดชั่วโมงการฝึกปฏิบัติเหมาะสมกับสาขาวิชาที่เรียนในหลักสูตรการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี มีการกำหนดนโยบายในการนำหลักสูตรไปใช้ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลก การปรับโครงสร้างหลักสูตรการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่นและตลาดแรงงาน ผู้เรียนสำเร็จตามหลักสูตรสามารถปฏิบัติงานในสาขาวิชาที่ฝึกอาชีพได้ทันที การจัดตั้งคณะกรรมการจัดทำหลักสูตรความร่วมมือในการจัดการ อาชีวศึกษาระบบทวิภาคีชัดเจนเหมาะสม การเปิดโอกาสให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการพิจารณาเลือกแบบเรียนหรือหนังสือประกอบการเรียนให้สอดคล้องกับหลักสูตร มีการประชุมเพื่อวางแผนการใช้หลักสูตรร่วมกันระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการอย่างน้อยภาคเรียน

ละ1 ครั้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของศุภกานต์ ดิดขำ, เชาวฤทธิ์ จั่นจีนและหยกแก้ว กมลวรเดช (2566 : 1) ทำการวิจัยเรื่อง รูปแบบการส่งเสริมเครือข่ายระบบทวิภาคีของวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย พบว่า ด้านการจัดการหลักสูตร อยู่ในระดับมาก

ด้านการจัดการเรียนการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการบูรณาการการเรียนรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ ความสำเร็จนี้สะท้อนให้เห็นว่าสถานศึกษาและสถานประกอบการได้ร่วมกันพัฒนาและนำรูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลายมาใช้ เพื่อให้นักศึกษาได้รับทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานในโลกจริงอย่างแท้จริง ซึ่งเป็นการสร้างความพร้อมให้แก่กำลังคนก่อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน และช่วยยกระดับคุณภาพของผลผลิตทางการศึกษาให้ตรงตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องตระหนักถึงความสำคัญมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญจากสถานประกอบการมาถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์แก่ครูผู้สอนอย่างสม่ำเสมอ ครูจัดการเรียนการสอนในวิชาพื้นฐานสอดคล้องและนำมาใช้ในการฝึกอาชีพได้จริงในในสถานประกอบการ ครูมีส่วนร่วมพิจารณาขอบเขตของกฎระเบียบและแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอน มีการจัดสภาพแวดล้อมที่ดีของสถานศึกษาและสถานประกอบการที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน มีการสนับสนุนวัสดุ ครุภัณฑ์ พื้นที่ และอุปกรณ์การศึกษาร่วมกันระหว่างสถานศึกษากับสถานประกอบการอย่างเพียงพอ ครูมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนและการฝึกอาชีพ ครูมีวิธีการจัดการเรียนการสอนและการฝึกอาชีพที่หลากหลายและเหมาะสม มีการประชุมวางแผนการเรียน แผนการฝึกอาชีพ และแผนการนิเทศร่วมกับสถานประกอบการตลอดหลักสูตรระหว่างสถานศึกษากับสถานประกอบการ ครูทุกคนจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตร ครูได้รับการพัฒนาวิชาชีพที่สอนไม่น้อยกว่า 80 คน/ปีการศึกษาจากสถานประกอบการที่ร่วมจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี สอดคล้องกับผลการวิจัยของสุเมธ รินทลึกและวิชิต แสงสว่าง (2564: 39 - 35) ทำการวิจัย เรื่อง การจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสู่ความเป็นเลิศในสถานศึกษา สังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ด้านคุณภาพการจัดการเรียนการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลการวิจัยของพิมพ์พิศา รัตนธรรมาศและสุกัญญา สุดารารัตน์ (2567: 184) ทำการวิจัย เรื่อง แนวทางการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของอาชีวศึกษาจังหวัดราชบุรีสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พบว่า ด้านคุณภาพการจัดการเรียนการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shuler (2013) ทำการวิจัยเรื่อง การดำเนินการและแนวคิดในการรื้อฟื้นเรื่องการจัดการศึกษาระบบทวิภาคีในระดับการศึกษาที่สูงขึ้นใน 3 มลรัฐ พบว่า การจัดการศึกษาระบบทวิภาคีได้มีการรื้อฟื้นขึ้นอีกครั้งในปี ค.ศ. 1964 ด้วยพระราชบัญญัติ Civil Rights Act โดยมีเคนเน็ต อดัม (Kenneth Adams) มาให้การสนับสนุนในเรื่องนี้ การจัดการศึกษาระบบทวิภาคียังมุ่งเน้นในเรื่องของความเสมอภาค ความเท่าเทียมกันในการให้การศึกษาทั้งคนผิวดำและคนผิวขาวในสหรัฐอเมริกาอีกด้วย

ด้านการฝึกอาชีพ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของระบบทวิภาคีในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการที่เน้นการปฏิบัติจริง ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานจากห้องเรียนมาประยุกต์ใช้กับทักษะในสถานประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีปัจจัยที่ส่งผลสำเร็จ คือ สถานประกอบการมีอุปกรณ์/เครื่องมือที่ทันสมัยต่อการจัดการฝึกอาชีพ มีการส่งเสริมให้สถานประกอบการกำหนดเนื้อหาและจัดทำแผนการจัดการฝึกอาชีพ เพื่อฝึกอาชีพนักศึกษาระบบทวิภาคี มีการจัดรายวิชาในการจัดการฝึกอาชีพมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับวิชาชีพพื้นฐาน มีการเตรียมความพร้อมผู้เรียนก่อนการฝึกอาชีพในสถานประกอบการ สถานประกอบการให้คำปรึกษา ชี้แนะ แก้ไขปัญหาแก่ผู้เรียน สถานประกอบการจัดลักษณะงานที่ฝึกอาชีพให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่ผู้เรียนกำลังศึกษาอยู่ มีการจัดเรียงลำดับความเหมาะสมของลำดับรายวิชาที่ลงทะเบียนเพื่อการฝึกอาชีพในแต่ละภาคการศึกษา สถานประกอบการคัดเลือกบุคลากรที่ทำหน้าที่ครูฝึกอย่างเหมาะสม มีแผนการฝึกอาชีพที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และแก้ปัญหาในสายงานวิชาชีพ และมีการจัดเนื้อหาแผนการจัดการฝึกอาชีพส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนตามความถนัดและความสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ กุลริศา ตรีโชต (2565) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ของสถานศึกษา สังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดภูเก็ต ผลการวิจัยพบว่า (1) การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิ ภาคีของสถานศึกษาโดยภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก เรียงตามล าดับดังนี้ การจัดการหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การจัดการฝึกอาชีพ และการประเมินผล (2) ผล

การเปรียบเทียบความคิดเห็น ต่อการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของสถานศึกษา จำแนกตาม ตำแหน่งพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษา ครูผู้สอน มีความคิดเห็นแตกต่างจากผู้บริหารสถานประกอบการ และครูฝึกในสถานประกอบการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ปัญหาพบว่า หลักสูตร การเรียนการสอนไม่ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการ ข้อเสนอแนะ คือ สถานศึกษาและ สถานประกอบการควรร่วมกันจัดทำหลักสูตรและแผนการเรียน ตามความต้องการของสถาน ประกอบการ

ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสถานศึกษาในระบบทวิภาคีได้ให้ความสำคัญกับการประเมินสมรรถนะของผู้เรียนอย่างจริงจังและเป็นระบบ ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ และคุณลักษณะ (Attitude) อันเป็นเป้าหมายของการจัดอาชีวศึกษา มีครูนิเทศก์และครูฝึกร่วมกันประเมินผลการเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนและฝึกปฏิบัติในแต่ละรายวิชาตามแผนที่กำหนดไว้ มีคู่มือส่งเสริมบุคลากรให้เข้าใจในกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการศึกษา มีการนำผลการปรับปรุงการดำเนินงานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีการติดตามความก้าวหน้าและผลการประเมินงานเป็นระยะ ๆ ร่วมกันระหว่างสถานศึกษากับสถานประกอบการ มีการจัดให้มีการทดสอบมาตรฐานฝีมือของผู้เรียน มีการวางแผนและกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินผลการเรียนและการฝึกอาชีพร่วมกัน มีการส่งเสริมให้มีวิธีการและประเมินผลตามสภาพจริง ของสถานประกอบการ มีการกำกับ ติดตาม และประเมินผลการฝึกอาชีพร่วมกับสถานประกอบการอย่างเป็นระบบอย่างน้อย 3 ครั้ง/ภาคการศึกษา มีการติดตามผลการดำเนินงานนำการปรับปรุงแก้ไขมาใช้ในการพัฒนาผู้เรียน และมีการส่งเสริมให้มีวิธีการ/เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล อย่างหลากหลาย เช่น แบบบันทึก แบบสังเกต แฟ้มสะสมงาน ฯลฯ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของราตรีสวัสดิ์ ธนานันต์ (2567) วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบมาตรฐานการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสมรรถนะสูงเพื่อพัฒนาอาชีวศึกษาประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1. ระบบมาตรฐานการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสมรรถนะสูงเพื่อการพัฒนาอาชีวศึกษาประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ได้แก่ ด้านปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย 1) นโยบายและเป้าหมายอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี 2) เครือข่ายสถานประกอบการและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 3) เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 4) งบประมาณและทรัพยากรการผลิต ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย กระบวนการบริหารจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสมรรถนะสูง 4 ขั้น ได้แก่ 1) การวางแผน 2) การประสานงาน 3) การนำ/การปฏิบัติ และ 4) การตรวจสอบและประเมินผล ด้านผลผลิต ประกอบด้วย คุณลักษณะของผู้สำเร็จการศึกษาและการเพิ่มขึ้นของผู้เรียนและสถานประกอบการ 2. ผลการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า หน่วยงาน/สถานประกอบการ ร่วมมือพัฒนาคุณภาพผู้เรียนอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี เพิ่มขึ้นร้อยละ 21.60 ผู้เรียนอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม เพิ่มขึ้นร้อยละ 44.32 ผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษา ที่มีงานทำ/ประกอบอาชีพอิสระประสบความสำเร็จ ร้อยละ 98.53

การเปรียบเทียบการบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบ ทวิภาคีของสถานศึกษาในสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 โดยจำแนกตามตำแหน่ง ระหว่างผู้บริหารสถานศึกษาและผู้บริหารสถานประกอบการ ระหว่างครูผู้สอนและครูฝึกในสถานประกอบการ และระหว่างบุคลากรในสถานศึกษาและบุคลากรในสถานประกอบ ในด้านการจัดการหลักสูตร ด้านการจัดการเรียนการสอน ด้านการฝึกอาชีพ ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าการเปรียบเทียบความร่วมมือในระดับปฏิบัติการและนโยบายมีความคิดเห็นสอดคล้องกันอย่างมาก โดยเฉพาะการรับรู้ร่วมกันระหว่างผู้บริหารสถานศึกษากับผู้บริหารสถานประกอบการ และครูผู้สอนกับครูฝึกในสถานประกอบการในทุกด้าน ยืนยันถึงความเข้าใจและมาตรฐานการปฏิบัติที่เป็นเอกภาพในการจัดการระบบทวิภาคี สอดคล้องกับงานวิจัยของสุเมธ รินทลึกและวิชิต แสงสว่าง (2564 : 39-35) ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสู่ความเป็นเลิศในสถานศึกษา สังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา ผลการวิจัยพบว่า ผลการเปรียบเทียบการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสู่ความเป็นเลิศในสถานศึกษา สังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา จำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการทำงาน พบว่า เพศ อายุ ระดับ การศึกษา และ

ประสบการณ์ในการทำงานที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการจัดการอาชีวศึกษา ระบบทวิภาคีสู่ความเป็นเลิศในสถานศึกษา สังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยภาพรวมไม่แตกต่างกัน

6.ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

1) ด้านการจัดการหลักสูตร ควรใช้ความสำเร็จของการบริหารเครือข่ายเป็นกลไกในการจัดตั้งคณะกรรมการวิชาการร่วมถาวร ให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานสมรรถนะอาชีพและแนวโน้ม Industry 4.0 อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องปรับปรุงการประชุมเพื่อวางแผนการใช้หลักสูตรร่วมกันให้บ่อยครั้งและมีประสิทธิผลมากขึ้น

2) ด้านการจัดการเรียนการสอน จะต้องกำหนดให้มีแผนการพัฒนาครูผู้สอนร่วมกับสถานประกอบการอย่างเป็นระบบ โดยเน้นการพัฒนาทักษะครูมืออาชีพยุคดิจิทัล และการประยุกต์ใช้ Active Learning และ Project-based Learning เพื่อลดการเน้นทฤษฎีและเพิ่มการเชื่อมโยงกับงานจริง

3) ด้านการฝึกอาชีพ ควรเสริมสร้าง โดยการจัดทำคู่มือมาตรฐานการฝึกอาชีพ (Internship Standard Guideline) ที่ชัดเจนภายใต้ MOU ที่มีข้อผูกพัน พร้อมทั้งจัดตั้ง ระบบติดตามและประเมินผลการฝึกงานคำนึงถึงความถนัดและความสนใจของผู้เรียนเป็นหลัก เพื่อแก้ไขปัญหาความไม่ครอบคลุมและข้อจำกัดในการพัฒนาทักษะเชิงลึก

4) ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 ต้องดำเนินการปรับเปลี่ยนระบบการประเมินผลไปสู่ การประเมินสมรรถนะ (Competency-based Assessment) โดยใช้ Authentic Assessment ที่หลากหลาย เช่น แฟ้มสะสมงานและการประเมินตามสภาพจริง เพื่อให้ผลการประเมินสะท้อนทักษะวิชาชีพและคุณลักษณะที่สถานประกอบการต้องการ พร้อมกันนี้ต้องสร้าง กลไกการประเมินร่วมอย่างเป็นมาตรฐาน ระหว่างครูนิเทศก์และครูฝึก และจัดให้มีระบบประเมินผลต่อเนื่อง (Formative Assessment) เพื่อใช้ข้อมูลย้อนกลับในการปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ แทนการเน้นวิธีการสอบแบบดั้งเดิม

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาการพัฒนารูปแบบและเกณฑ์มาตรฐานการวัดและประเมินผลสมรรถนะร่วม (Joint Competency Assessment) เพื่อยกระดับประสิทธิผลด้านการฝึกอาชีพในระบบทวิภาคี

2) ควรมีการศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีผ่านการติดตามความก้าวหน้าในอาชีพ (Tracer Study) และความพึงพอใจของนายจ้างในระยะยาว

3) ควรมีการศึกษาการพัฒนารูปแบบการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล (เช่น VR/AR) และ Active Learning เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในระบบทวิภาคี

4) ควรมีการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุและแนวทางการลดช่องว่างการรับรู้คุณภาพหลักสูตรระหว่างบุคลากรสถานศึกษาและสถานประกอบการในระบบทวิภาคี

7. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความเอื้อเฟื้ออันสูงยิ่งจาก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทนิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง แก้ไข วิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิด ส่งผลให้งานสารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ทั้งด้านเนื้อหาและความถูกต้อง ผู้วิจัยสำนึกในพระคุณและความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบพระคุณต่อครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุน กำลังใจและความห่วงใยอันเป็นพลังสำคัญในการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้ รวมถึงผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ ล้วนมีบทบาทสำคัญที่ทำให้งานวิชาการฉบับนี้บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์

ผู้วิจัยมีความมุ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้อง หากมีคุณค่าใดอันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศคุณค่าดังกล่าวแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอน้อมรับข้อบกพร่องที่อาจมีปรากฏไว้ด้วยความเคารพ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). **คู่มือการดำเนินงานความร่วมมือ พ.ศ. 2567.** กรุงเทพฯ : สำนักงานความร่วมมือ.

[2] Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). **Determining sample size for research activities.** Educational and Psychological Measurement, 30(3), 607- 610

[3] บุญชม ศรีสะอาด. (2542). **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

[4] บุญชม ศรีสะอาด. (2560). **การวิจัยเบื้องต้น.** กรุงทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

[5] Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of psychological testing.** (5th ed.). New York: Harper & Row. pp. 202-204.

[6] กรมวิชาการ. (2545). **การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

[7] พงศ์สิลป์ รัตนอุดม. (2565). **รูปแบบนวัตกรรมการบริหารจัดการการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีวิทยาลัยการอาชีพกาญจนาภิเษกหนองจอก.** วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา(ISSN: 1905-9450) คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 16ฉบับที่ 1มกราคม–มิถุนายน256

[8] ศุภกานต์ ดิดขำ, เชาวฤทธิ์ จั่นจีนและหยกแก้ว กมลวรเดช. (2566). **รูปแบบการส่งเสริมเครือข่ายระบบทวิภาคีของวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย.** วารสารการบริหารและสังคมศาสตร์ปริทรรศน์. 6(1).

[9] สุเมธ รินทลึกและวิชิต แสงสว่าง. (2564). **การจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสู่ความเป็นเลิศในสถานศึกษาสังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทรา.** วารสาร มจร. สังคมศาสตร์ปริทรรศน์. 10(3).

[10] Shuler, W. B. (2013). **Actions and perceptions in dismantling the dual system of public higher education in three states: A facilities study**. Tennessee. University of Memphis.

[11] พิมพ์พิศา รัตนธรรมาศและสุกัญญา สุดารารัตน์. (2567). **แนวทางการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีของอาชีวศึกษาจังหวัดราชบุรีสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา**.วารสารวิชาการสถาบันพัฒนาพระวิทยากร. 7(3)

[12] กุลริศา ตรีโชต. (2565). **การบริหารเครือข่ายความร่วมมือในการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ของสถานศึกษา สังกัดอาชีวศึกษาจังหวัดภูเก็ต.**ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาบริหารการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

[13] ราตรีสวัสดิ์ ธนานันต์.(2567). **การพัฒนาระบบมาตรฐานการจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคีสมรรถนะสูงเพื่อพัฒนาอาชีวศึกษาประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.** หลักสูตรปริญญาโท-เอก สาขานวัตกรรมบริการและการสื่อสารระหว่างวัฒนธรรม คณะอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1

สุภัคชญา ชัยธาดาเหมกุล,[1] ประจวบ จันทร, [2] รัตน์ เกตุจันทร์, ศศิรดา แพงไทย และปิยภรณ์ รัตนากรกุล
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

Juntorn042502@gmail.com; ratketchan@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบันของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง ต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางของเครจซี่และมอร์แกน ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 141 คน และสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า การศึกสภาพปัจจุบันของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน ในภาพรวมผลการประเมินอยู่ในระดับมากและมากที่สุด หากพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้แก่ 1) ด้านผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.59, S.D. = 0.15) 2) ด้านการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.18) 3) ด้านการส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.13, S.D. = 0.22) และ 4) ด้านการจัดการทรัพยากรและงบประมาณเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.06, S.D. = 0.23) และผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง ที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน พบว่าในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.54, S.D. = 0.17)

คำสำคัญ ; การบริหารจัดการ, สภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้, โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล)

THE MANAGEMENT OF LEARNING ENVIRONMENTS AND RESOURCES CHUMCHONWATKOEICHAINUA (NIRAPHAI-PRACHANUKUL) SCHOOL NAKHONSAWAN PPRIMARY EDUCATIONNAL SEVICE AREA OFFICE AREA 1

Supakchaya Chaitadahemkul[1] Prachaub Juntorn[2] and Rat Ketchan

Juntorn042502@gmail.com; ratketchan@gmail.com

ABSTRACT

This thesis aimed to: (1) study the current conditions of the management of learning environments and learning resources that affect student quality at Chumchonwatkuychainhua (Niraphai-Prachanukul) School, under the Nakhon Sawan Primary Educational Service Area Office 1; and (2) examine the satisfaction of students, teachers, and parents toward the management of learning environments and learning resources that contribute to student quality at the same school. The sample consisted of 141 participants, determined using Krejcie and Morgan's sample size table and selected through simple random sampling. The research instrument used for data collection was a questionnaire. The data were analyzed using mean ($\overline{X}$) and standard deviation (S.D.).

The findings indicated that the overall assessment of the current management of learning environments and resources was at a high to the highest level. Specifically, the results ranked by mean score were as follows: (1) student quality outcomes were rated at the highest level ($\overline{X}$ =4.59, S.D. = 0.15) (2) internal management of learning environments and resources was also at the highest level ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.18) (3) promotion and utilization of external learning resources was rated at a high level ($\overline{X}$ = 4.13, S.D. = 0.22) and (4) resource and budget management for developing learning environments and resources was also at a high level ($\overline{X}$ = 4.06, S.D. = 0.23) In addition, the overall satisfaction of students, teachers, and parents regarding the management of learning environments and resources was found to be at the highest level ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.17)

Keywords : Management, environment and learning resources, Wat Key Chai Nuea Community School (Niraphai-Prachanukul)

1.บทนำ

การศึกษา คือ กระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญงอกงามของบุคคลและสังคม โดยการถ่ายทอดความรู้ การฝึกการอบรม การสืบสานทางวัฒนธรรม การสร้างสรรค์จรรโลงความก้าวหน้าทางวิชาการ การสร้างองค์ความรู้ อันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อมสังคมการเรียนรู้และปัจจัยเกื้อหนุนให้บุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยในมาตรา 6 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 กำหนดให้การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้และคุณธรรม มีจริยธรรม และวัฒนธรรมในการดำรงชีวิตสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข มาตรา 24 การจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศสภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545: 2-15)

การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาศักยภาพของคนทุกช่วงวัยเป็นพันธกิจสำคัญร่วมกันของรัฐ และทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องการกำหนดเป้าหมายการจัดการศึกษาในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและแหล่ง เรียนรู้ สื่อตำราเรียน นวัตกรรม ที่มีคุณภาพได้มาตรฐานนั้นผู้เรียนต้องสามารถเข้าถึงได้ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้กำหนดนโยบายเพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานซึ่งมีประเด็นนโยบายการสร้างโอกาสในการเข้าถึงด้านบริการการศึกษาที่มีคุณภาพ การจัดการศึกษาในสถานศึกษาจึงต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาศักยภาพได้ตามธรรมชาติและผู้เรียนสามารถบรูณาการสาระความรู้ด้านต่าง ๆ ในทุกเนื้อหารายวิชาสถานศึกษาจึงต้องสนับสนุนให้จัดบรรยากาศ และสภาพแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถจะศึกษาค้นคว้าหาความรู้เต็มศักยภาพ เป็นการส่งเสริมสนับสนุนการใช้สื่อการเรียนการสอน เทคโนโลยี นวัตกรรม และสิ่งอำนวยความสะดวกที่หลากหลายมีศูนย์รวมสื่อให้ครูสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียนตามมาตรฐานตามบริบทของพื้นที่เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพ แนวทางการดำเนินการโดยพิจารณาจากปัจจัย หรือองค์ประกอบขั้นพื้นฐานเพื่อสร้างโอกาสให้ผู้เรียนเข้าถึงบริการการเรียนรู้ที่จะพัฒนาคุณภาพผู้เรียนสอดคล้องกับบริบทเชิงพื้นที่ด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น อาคารเรียน อาคารประกอบ หอประชุม สนามกีฬา ห้องเรียน ห้องพิเศษ วัสดุ ครุภัณฑ์ เป็นการจัดสภาพแวดล้อมในโรงเรียนเพื่อการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2561: 19-20)

การจัดสภาพแวดล้อมนับว่ามีความสำคัญต่อการบริหารโรงเรียนให้เกิดคุณภาพ ทำให้บรรลุผลสำเร็จ ซึ่งประกอบไปด้วย การจัดอาคารสถานที่ การจัดการเรียนการสอน การจัดบรรยากาศแห่งการเรียนรู้เชิงบวก การจัดสิ่งอำนวยความสะดวกในด้านการเรียน การพัฒนาหลักสูตร การจัดชุมชนแห่งการเรียนรู้ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน นักเรียนกับครู และนักเรียนกับชุมชนเป็นองค์ประกอบสำคัญในการดำเนินนโยบายที่จะนำไปสู่การปฏิบัติในสถานศึกษา ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้และการจัดการศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (พระมหาขุนทอง อคฺควโร (สนนำพา). 2554: 17) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับความสำคัญของการจัดสภาพแวดล้อมในโรงเรียนว่า บรรยากาศและสภาพแวดล้อมของโรงเรียนเกี่ยวข้องกับความรู้สึกของครู นักเรียน นักศึกษา รวมทั้งคนอื่น ๆ ที่มีต่อโรงเรียน โรงเรียนมีบรรยากาศและสภาพแวดล้อมไม่ดีจะทำให้นักเรียนตลอดจนคนที่เกี่ยวข้องเกิดความรู้สึกที่ไม่ดีต่อโรงเรียนแต่ถ้าโรงเรียนมีบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ดีก็จะทำให้นักเรียนอยากไปโรงเรียนและคนที่เกี่ยวข้องเกิดความรู้สึกที่ดีต่อโรงเรียนด้วย

สำหรับ โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดกลางในเขตชนบทของจังหวัดนครสวรรค์ มีความตั้งใจในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังประสบปัญหาในด้านการจัดการแหล่งเรียนรู้ภายนอกที่ยังขาดความหลากหลาย รวมทั้งสภาพแวดล้อมในโรงเรียนบางส่วนยังไม่เอื้อต่อการเรียนรู้เท่าที่ควร เช่น พื้นที่สีเขียวไม่เพียงพอ การใช้พื้นที่เรียนรู้นอกห้องเรียนอย่างจำกัด และการมีส่วนร่วมของชุมชนที่ยังไม่เป็นระบบอีกทั้งความพึง

พอใจของนักเรียน ครู และผู้ปกครองต่อสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้และการใช้แหล่งเรียนรู้ของโรงเรียน ยังไม่ถูกประเมินอย่างชัดเจนว่ามีผลต่อพฤติกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างไร จึงเป็นที่มาของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อประเมินสถานการณ์จริง และหาแนวทางพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงสุด ซึ่งเป็นหัวใจของการพัฒนาการศึกษาอย่างยั่งยืน และจะช่วยยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนในระยะยาว โดยนักเรียนจะมีโอกาสในการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ พัฒนาองค์ความรู้ ทักษะชีวิต และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ พร้อมเติบโตเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพของสังคมต่อไปในอนาคต

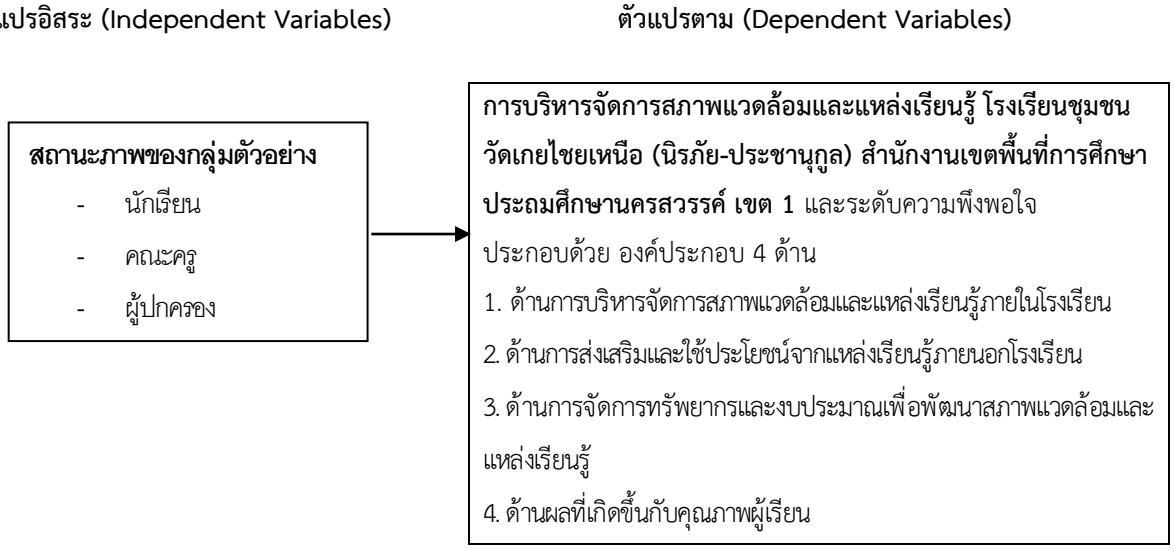
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง ต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเสนอตามลำดับ ดังนี้ 1) แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการบริหาร 2) แนวคิดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม 3) แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการแหล่งเรียนรู้ 4) แนวคิดที่เกี่ยวกับคุณภาพผู้เรียน 5) แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ 6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ7) กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้จากแนวคิดและงานวิจัยของ Lewin (1951), Bronfenbrenner (1979), Hoy และ Miskel (2013), Earthman (2004), UNESCO (2021) ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วจัดกลุ่มองค์ประกอบ ผู้วิจัยสรุปเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.วิธีดำเนินการวิจัย

การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ในบทนี้ จึงเป็นการเสนอวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งจะกล่าว ในรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 จำนวน 154 คน

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ผู้วิจัยได้ใช้ตารางสำเร็จรูปของ Krejcie and Morgan (1970 :100) และใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ทำให้ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 141 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม จำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

1) แบบสอบถามฉบับที่ 1 เป็นแบบสอบถามถามความคิดเห็นสำหรับคณะครู และผู้ปกครองเกี่ยวสภาพปัจจุบันของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ประกอบด้วยเนื้อหา 4 ด้าน คือ 1. ด้านการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน 2. ด้านการส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน 3. ด้านการจัดการทรัพยากรและงบประมาณเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ 4. ด้านผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน รวมจำนวน 40 ข้อ

2) แบบสอบถามฉบับที่ 2 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับนักเรียน เกี่ยวกับการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 เนื้อหาด้านผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน จำนวน 10 ข้อ

3) แบบสอบถามฉบับที่ 3 เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน จำนวน 15 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา

2.กำหนดขอบเขตของคำถามให้ครอบคลุมองค์ประกอบที่ทำให้ทราบถึงการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา สารนิพนธ์ เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง

3.นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity)ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจและวิจารณ์คำถามแต่ละข้อเพื่อให้ตรงตามเนื้อหา และตรงตามตัวชี้วัดที่ต้องการและครอบคลุมเนื้อหาก่อนนำมาแก้ไข ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องจำแนกเป็นรายข้อ โดยวิธี Item – total Correlation โดยได้ค่า IOC แบบสอบถามทั้งฉบับอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

4.นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะขอผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับผู้ปกครอง ครู และนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน

5.นำแบบสอบถามไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีของ Cronbach (1990: 81) หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไปแสดงว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นสามารถนำไปใช้ได้ โดยค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 1 และฉบับ 2 0.9675 0.93059 ตามลำดับ

6. จัดพิมพ์เครื่องมือฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทำหนังสือจากมหาวิทยาลัยพิษณุโลก ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียน คณะครูและผู้ปกครอง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ดังนี้

1.1 คณะครู และผู้ปกครอง ให้ตอบแบบสอบถามฉบับที่ 1 และแบบสอบถามฉบับที่ 3

1.2 นักเรียนให้ตอบแบบสอบถามฉบับที่ 2 และแบบสอบถามฉบับที่ 3

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 141 ฉบับ ได้รับคืน จำนวน 141 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100

3. นำแบบสอบถามที่เก็บรวบรวมมาได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามแล้ว นำมาวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามที่รวบรวมทั้งหมดและดำเนินการดังนี้

1.ข้อมูลส่วนที่ 1 สถานภาพส่วนบุคลของกลุ่มตัวอย่าง โดยการแจกแจงความถี่ คิดเป็นค่าร้อยละ

2.วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบความความคิดเห็น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ ดังนี้ (Best. 1981: 184)

4.50 - 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อขคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ ดังนี้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2557: 74-75)

4.50 - 5.00	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.สถิติพื้นฐานใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ใช้วิธี Item – total Correlation และสัมประสิทธิ์แอลฟ่า

3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 111)

4. การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ การวิจัย โดยใช้สูตร IOC (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 123-124) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกที่มีค่าความสอดคล้องของข้อคำถามตั้งแต่ 0.50 ขึ้น ไป คำถามนั้นตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์เขต 1 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการประเมินการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ในภาพรวมและรายด้าน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.ด้านการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน	4.51	0.18	มากที่สุด
2.ด้านการส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน	4.13	0.22	มาก
3.ด้านการจัดการทรัพยากรและงบประมาณเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้	4.06	0.23	มาก
4.ด้านผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน	4.59	0.15	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.32	0.19	มาก

จากตารางที่ 1 การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 พบว่าสภาพความเหมาะสมในภาพรวมผลการประเมินทุกด้านมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.59, S.D. = 0.15) รองลงมาได้แก่ด้านการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.18) ด้านการส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.13, S.D. = 0.22) และด้านการจัดการทรัพยากรและงบประมาณเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.06, S.D. = 0.23) ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง ที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง ในภาพรวมที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. สภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนสะอาด ร่มรื่น สวยงาม และมีความปลอดภัย	4.70	0.62	มากที่สุด
2. ห้องเรียน อาคารและสถานที่ต่าง ๆ ภายในโรงเรียนอยู่ในสภาพดีและพร้อมใช้งาน	4.28	0.65	มาก
3. พื้นที่บริเวณภายในโรงเรียนมีการออกแบบและจัดสรรเป็นสัดส่วน เพื่อการเรียนรู้และการพักผ่อน	4.77	0.50	มากที่สุด
4.ภายในโรงเรียนมีห้องน้ำที่มีความสะอาด ถูกสุขลักษณะและเพียงพอในการใช้งาน	4.11	0.49	มาก
5. มีการจัดสภาพแวดล้อมภายนอกห้องเรียน เช่น สวนหย่อม แปลงเกษตร ลานกิจกรรม ให้เป็นแหล่งเรียนรู้	4.13	0.33	มาก
6. โรงเรียนมีสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเพียงพอต่อการใช้งานของผู้เรียน	4.82	0.39	มากที่สุด
7. ห้องสมุดมีหนังสือและสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย และนักเรียนสามารถใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย	4.08	0.43	มาก
8. โรงเรียนมีระบบบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ภายในอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ	4.68	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.54	0.07	มาก

จากตาราง 2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียน คณะครูและผู้ปกครอง ที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ในภาพรวมมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.17) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ข้อ1.โรงเรียนมีสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเพียงพอต่อการใช้งานของผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.82, S.D. = 0.39) รองลงมาได้แก่ข้อ 3. พื้นที่บริเวณภายในโรงเรียนมีการออกแบบและจัดสรรเป็นสัดส่วน เพื่อการเรียนรู้และการพักผ่อน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.82, S.D. = 0.39) ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อ7. ห้องสมุดมีหนังสือและสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย และนักเรียนสามารถใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.08, S.D. = 0.43)

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 พบว่าสภาพความเหมาะสมในภาพรวมผลการประเมินทุกด้านมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.59, S.D. = 0.15) รองลงมาได้แก่ด้านการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.18) ด้านการส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.13, S.D. = 0.22) และด้านการจัดการทรัพยากรและงบประมาณเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.06, S.D. = 0.23) ตามลำดับ

ระดับความพึงพอใจของนักเรียน คณะครูและผู้ปกครอง ที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ในภาพรวมมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.17) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ข้อ1.โรงเรียนมีสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเพียงพอต่อการใช้งานของผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.82, S.D. = 0.39) รองลงมาได้แก่ข้อ 3. พื้นที่บริเวณภายในโรงเรียนมีการออกแบบและจัดสรรเป็นสัดส่วน เพื่อการเรียนรู้และการ

พักผ่อน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.82, S.D. = 0.39) ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อ7. ห้องสมุดมีหนังสือและสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย และนักเรียนสามารถใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.08, S.D. = 0.43)

อภิปรายผล

การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน ตามความคิดเห็นของคณะครู และผู้ปกครองผู้ปกครอง เกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ในภาพรวม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่า โรงเรียนมีการวางแผน มีวัตถุประสงค์การพัฒนาสภาพแวดล้อมทางอย่างชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง รู้ขอบเขตแนวทางปฏิบัติ มีเป้าหมายที่แน่นอน และสามารถกำหนดวิธีดำเนินการได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผู้บริหารและคณะครูสามารถดำเนินงานประสบความสำเร็จได้ตามเป้าหมาย มีความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน ความต้องการของครูและบุคลากรในโรงเรียน นักเรียน และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัคสิฐาพร เจริญสวัสดิ์. (2565). ได้ศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์ โดยภาพรวม ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการดำเนินการ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ด้านการประเมินผล และต่ำสุดคือ ด้านการรับผลประโยชน์ แนวทางการพัฒนาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ดังนี้ 1) แต่งตั้งผู้ปกครองเป็นคณะทำงานแต่ละระดับชั้นเรียน 2) โรงเรียน ชุมชน และผู้ปกครองร่วมกันพิจารณาแหล่งเรียนรู้ในระดับชุมชน 3) การจัดการเรียนการสอนโดยการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง เป็นการสร้างความเข้าใจอันดีระหว่างผู้ปกครองและนักเรียน และ 4) คณะกรรมการระดับชั้นเรียน ทำหน้าที่ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานของโรงเรียน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

การส่งเสริมและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ภายนอกโรงเรียน ในภาพรวมมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้บริหารและคณะครู มีแผนการส่งเสริม และกำหนดบทบาทหน้าที่คณะทำงาน ได้อย่างเหมาะสมกับบริบท สามารถดำเนินงานได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบ ทุกกิจกรรมเป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด มีการประเมินผลและสรุปผลการดำเนินงานมาปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับ จิติมา วรรณศรี (2566) ที่กล่าวว่า สื่อการจัดการเรียนรู้เป็นตัวกลางที่ใช้ ในการนำความรู้ ข้อมูลสารสนเทศไปสู่ผู้เรียน เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ นับเป็นทรัพยากรสำคัญ ที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน สื่อมีหลากหลายประเภททั้งที่เป็นบุคคล สัตว์ สิ่งของ ทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่ประดิษฐ์ขึ้น

การจัดการทรัพยากรและงบประมาณเพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ตามในภาพรวมมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าโรงเรียนมีการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้วัสดุ อุปกรณ์ และงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างสูงสุด ซึ่งสะท้อนถึงการมีระบบวางแผนที่ชัดเจน การมีส่วนร่วมของครู และการกำกับดูแลอย่างรัดกุม สอดคล้องกับแนวคิดของ ฮำดัน สาอุ (2565) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญของผู้บริหารสถานศึกษา ในอำเภอสุคิรินสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นราธิวาส เขต 2 จากผลการวิจัยพบว่า การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ผู้บริหารและครูผู้สอนควรมีการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มี ส่วนร่วมในการประเมินผลการเรียนรู้ของตัวเองเพื่อให้ผู้เรียนได้รู้ถึงจุดเด่นและจุดที่ต้องพัฒนา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปกิตตา ปานเกษม (2565) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การบริหารจัดการสถานศึกษาขนาดเล็กที่ดำรงอยู่ได้ด้วยตนเอง (Stand Alone) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 2 ผลการวิจัย พบว่า การพัฒนาบุคลากร ควรมีการอบรมพัฒนาครูผู้สอนในเรื่องของการ

จัดการเรียน รู้ด้วย DLTV มีการนิเทศ กำกับ ติดตามการดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วย DLTV มีการส่งเสริมพัฒนาบุคลากรโดยอบรมพัฒนาตนเอง

ผลที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผู้เรียน ในภาพรวมมีผลการประเมินอยู่ในระดับมากเนื่องมาจากนักเรียนมีทักษะและพัฒนาการดีขึ้นเมื่อได้รับการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้หลากหลาย และสามารถนำความรู้จากแหล่งเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และอาจเป็นเพราะว่า สภาพแวดล้อมในโรงเรียน มีความสะอาด ร่มรื่น สวยงาม มีอาคารสถานที่เพียงพอ เอื้อต่อการเรียนรู้ และมีความปลอดภัย มีการตรวจสอบการใช้อาคารสถานที่ การใช้ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ อย่างต่อเนื่อง มีการมอบหมายผู้รับผิดชอบด้านอาคารสถานที่อย่างเป็นระบบ ปรับปรุง ซ่อมแซมอาคารเรียน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการเป็นปกติสม่ำเสมอ ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง รวมถึงมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์และรักโรงเรียนมากขึ้น ผลการดำเนินงานของโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายการดำเนินโครงการ ซึ่งสอดคล้องกับผวิจัยกมลพร ภูมิพลับ (2564) ได้วิจัยเรื่อง แนวทางการ บริหารแหล่งเรียนรู้เพื่อการศึกษาของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา พระนครศรีอยุธยา ที่กล่าวว่า ด้านการประเมินการใช้แหล่งเรียนรู้ พบว่า การประเมินการใช้แหล่งเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อผู้ดำเนินงาน ในการพัฒนาคุณภาพการใช้แหล่งเรียนรู้ ผู้บริหาร สถานศึกษาควรส่งเสริมและคัดเลือกคณะกรรมการประเมินผลการใช้แหล่งเรียนรู้ ส่งเสริมให้ คณะกรรมการทำการประเมินผลระหว่างการดำเนินงานเพื่อทราบถึงปัญหาและความต้องการในการ ดำเนินงานเป็นระยะ

ความพึงพอใจของนักเรียน คณะครู และผู้ปกครอง ที่มีต่อการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1 ในภาพรวมมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลจากการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ ผู้เกี่ยวข้องเห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในโรงเรียน ความสะอาดของอาคารสถานที่ และนักเรียนมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์เพิ่มขึ้น เกิดผลปรากฏอย่างเด่นชัดบรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการจากความร่วมมือกันของครูและบุคลากรในโรงเรียน นักเรียน และชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปภัสสร จงตรอง (2566) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ของ สถานศึกษา กลุ่มเครือข่ายพัฒนาการศึกษาดอยนางนอน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาเชียงราย เขต 3 พบว่า ด้านการควบคุม ผู้บริหารสถานศึกษาประชุมพบปะและสำรวจ ความคิดเห็นบุคลากรเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ให้ทราบถึงความก้าวหน้าและปัญหาในการดำเนินงาน 73 เป็นระยะ เมื่อสิ้นโครงการจัดประชุมเพื่อประเมินผลการดำเนินงานตามโครงการ ชี้แจงปัญหา และอุปสรรคและนำผลการประเมินไปวางแผนพัฒนา ปรับปรุงแก้ไขในการดำเนินงานครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1.**ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้**

1) ควรเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง มีส่วนร่วมในการบริหารและจัดการสภาพแวดล้อมในด้านอื่น ๆ เช่น สภาพแวดล้อมด้านวิชาการ สภาพแวดล้อมด้านบริหาร และการบริหารจัดการ

2) ผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบควรนำผลการประเมินไปใช้เป็นข้อมูลและสารสนเทศ ในการบริหารและจัดการสภาพแวดล้อมด้านกายภาพ และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) เช่น ครู นักเรียน เครือข่ายผู้ปกครองให้มากขึ้นในปีต่อไป

3) ควรมีการจัดอบรมหรือเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้แก่ครูและบุคลากรเกี่ยวกับแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

4) ควรจัดทำคู่มือหรือแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนในการบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน เพื่อให้ครูและบุคลากรสามารถนำไปใช้ได้จริง

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1) ควรมีการประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลและสารสนเทศที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการดำเนินงานในโครงการ

2) ควรมีการประเมินการบริหารจัดการด้านอื่น ๆ ในโรงเรียน เพื่อนำข้อมูลไปเป็นแนวทางแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการศึกษา

3) ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจัดสภาพแวดล้อมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เพื่อยืนยันผลเชิงประจักษ์อย่างชัดเจน

4) ควรศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของชุมชนหรือเครือข่ายผู้ปกครองในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ เพื่อหาแนวทางในการส่งเสริมความร่วมมืออย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ(นิรภัย-ประชานุกูล) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 1ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไข ให้คำแนะนำในการจัดทำแบบสอบถาม และเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ คณาจารย์ประจำหลักสูตรศึกษาศาสตร์ ที่ได้ให้ความรู้ แนวคิด ข้อเสนอแนะและประสบการณ์ทางวิชาการ อันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจ และส่งเสริมความสามารถในการค้นคว้าและพัฒนาผลงานทางวิชาการ

นอกจากนี้ ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครู ผู้ปกครอง และนักเรียนในโรงเรียนชุมชนวัดเกยไชยเหนือ (นิรภัย-ประชานุกูล) อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้ความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลเป็นอย่างดี คุณค่าและประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอมอบเป็นกตเวทิตาคุณแก่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน และ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาสถานศึกษาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545.** กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค

[2] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2561). **นโยบายสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นปีงบประมาณ 2561.** กรุงเทพมหานคร: ผู้พิมพ์

[3] พระมหาขุนทอง อคฺควโร (สนนำพา). (2554). **ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัด สภาพแวดล้อมในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี.** วิทยานิพนธ์การศึกษาพุทธศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

[4] Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). **Determining sample size for research activities**. Educational and Psychological Measurement, 30(3), 607- 610

[5] Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of psychological testing.** (5th ed.). New York: Harper & Row. pp. 202-204.

[6] Bronfenbrenner, U. (1979). **The ecology of human development: Experiments by nature And design**. Harvard University Press.

[7] Earthman, G. I. (2004). **Prioritization of 31 criteria for school building adequacy**. American Civil Liberties Union Foundation of Maryland.

[8] Hoy, W. K., & Miskel, C. G. (2013). **Educational administration**: Theory, research, and practice (9th ed.). McGraw-Hill.

[9] Lewin, K. (1951). **Field theory in social science: Selected theoretical papers**. Harper & Row.

[10] UNESCO. (2021). **Reimagining our futures together: A new social contract for education**. UNESCO.

[11] ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2565). **สถิติเพื่อการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[12] เจริญสวัสดิ์ ภ. (2565). **การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี**. วารสารชมรมบัณฑิตศิลป์, 3(2). สืบค้นจาก https://so13.tci-thaijo.org/index.php/jotgac/article/view/895

[13] จิติมา วรรณศรี. (2566). **การบริหารจัดการสู่คุณภาพผู้เรียนและสถานศึกษา.** พิษณุโลก: รัตนสุวรรณการพิมพ์.

[14] ฮำดัน สาอุ. (2565). **การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของผู้บริหารสถานศึกษาในอำเภอสุคิรินสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานราธิวาส เขต 2** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

[15] ปกิตตา ปานเกษม. (2565). **การบริหารจัดการสถานศึกษาขนาดเล็กที่ดำรงอยู่ได้ด้วยตนเอง (Stand Alone) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุโขทัย เขต 2** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

[16] กมล ภูมิพลับ. (2564). **แนวทางการบริหารแหล่งเรียนรู้เพื่อการศึกษาของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[17] ปภัสสร จงตรอง. (2566). **การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ของสถานศึกษา กลุ่มเครือข่ายพัฒนาการศึกษาดอยนางนอน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงราย เขต 3**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงราย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

การบริหารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2

กุลิสรา ไชยงาม,[1] ประจวบ จันทร, [2] ดลนภา ท้วมยัง, สุรินทร์ จาดเปรม และเตือนใจ เขียนชานาจ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

Juntorn042502@gmail.com; dolnapatuamyang@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 2) เพื่อศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้บริหาร และคณะครูและบุคลากร คณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน และผู้ปกครองนักเรียน จำนวน 81 คน มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบประเมินสภาพการบริหารทรัพยากรทางการศึกษาและแบบประเมินความพึงพอใจ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “ พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ในภาพรวมผลการประเมินทุกด้านมีผลการประเมินในระดับมาก และหากพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้แก่ 1. ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.28) 2. ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.07, S.D. = 0.39) 3. ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและ ประเมินผล มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.93, S.D. = 0.34) และ 4. ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.83, S.D. = 0.33) การศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ในภาพรวมผลการประเมินทุกด้านมีผลการประเมินในระดับมาก และหากพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้แก่ 1. ด้านทรัพยากรอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.14, S.D. = 0.41) 2. ด้านทรัพยากรบุคคล มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก($\bar{X}$ = 3.85, S.D. = 0.28) 3. ด้านทรัพยากรวัสดุอุปกรณ์ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.82, S.D. = 0.30) และ 4. ด้านทรัพยากรงบประมาณ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.78, S.D. = 0.33)

คำสำคัญ ; การบริหารแบบมีส่วนร่วม, เพิ่มประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา

PARTICIPATORY MANAGEMENT TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF EDUCATIONAL RESOURCES CHUMCHON BAN THUNG NOI "PHIPHAT SOPHON WITTHAYA" SCHOOL PHICHIT PRIMARY EDUCATIONAL SERVICE OFFICE AREA 2

Kulisara Chai-ngam[1] Prachaub Juntorn[2] dolnapa tuamyang

Juntorn042502@gmail.com, dolnapatuamyang@gmail.com

ABSTRACT

The objectives of this research were: (1) to study the current conditions of participatory school administration at Chumchon Ban Thung Noi "Phiphat Sophon Witthaya" School under the Phichit Primary Educational Service Area Office 2; and (2) to examine the effectiveness of educational resources resulting from participatory school administration at the same school. The samples consisted of 81 participants including the school administrator, teachers and staff, the basic education committee, and students' parents. The research instruments were an evaluation form on educational resource administration and a satisfaction assessment form. Data were analyzed using mean ($\overline{X}$) and standard deviation (S.D.).

The research findings were as follows:

1. The overall condition of participatory school administration was at a high level. When considered by aspect, the results were ranked from the highest to the lowest mean scores as follows: participation in planning and decision-making ($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.28), participation in implementation ($\overline{X}$ = 4.07, S.D. = 0.39), participation in monitoring and evaluation ($\overline{X}$ = 3.93, S.D. = 0.34), and participation in receiving benefits ($\overline{X}$ = 3.83, S.D. = 0.33).

2. The overall effectiveness of educational resources from participatory school administration was also at a high level. When considered by aspect, the results were ranked from the highest to the lowest mean scores as follows: physical facilities and environment ($\overline{X}$ = 4.14, S.D. = 0.41), human resources ($\overline{X}$ = 3.85, S.D. = 0.28), materials and equipment ($\overline{X}$ = 3.82, S.D. = 0.30), and budget resources ($\overline{X}$ = 3.78, S.D. = 0.33).

Keywords: participatory management and increased effectiveness of educational resources.

1.บทนำ

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560 ได้กล่าวถึงสิทธิ เสรีภาพ และบทบาทของประชาชนในการมีส่วนร่วมทางสังคมและการพัฒนาประเทศไว้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะ มาตรา 4 ที่คุ้มครองศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ สิทธิ เสรีภาพ และความเสมอภาคของบุคคล, มาตรา 54 ที่กำหนดให้รัฐจัดการศึกษาโดยยึดหลักการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน, มาตรา 58 ที่เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์สาธารณะ, และ มาตรา 76 ที่ส่งเสริมให้ระบบการบริหารราชการมีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และเปิดโอกาสให้ประชาชนมีบทบาทในการเสนอแนะและพัฒนา ทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นถึงเจตนารมณ์สำคัญของรัฐธรรมนูญที่มุ่งเน้นให้ “การมีส่วนร่วม” เป็นรากฐานของการบริหารจัดการในทุกระดับการบริหารแบบมีส่วนร่วม (Participatory Management) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาองค์กร เนื่องจากเป็นกลไกที่เปิดโอกาสให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้มีบทบาทร่วมกันในกระบวนการคิด ตัดสินใจ ปฏิบัติ และประเมินผล ซึ่งจะทำให้เกิดความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และความร่วมมืออย่างแท้จริง นอกจากนี้ การบริหารในลักษณะดังกล่าวยังเป็นการสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วม (Sense of Ownership) ที่จะช่วยเสริมแรงจูงใจและประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น

ในบริบทของการบริหารสถานศึกษา การบริหารแบบมีส่วนร่วมมีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างยิ่ง เนื่องจากโรงเรียนเป็นองค์กรที่มีภารกิจในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้ ความสามารถ และคุณธรรม การเปิดโอกาสให้ผู้บริหาร ครู บุคลากร ผู้ปกครอง ชุมชน และนักเรียน ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายและทิศทางการจัดการศึกษา จะทำให้เกิดความสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและสังคม ตลอดจนสร้างการสนับสนุนและความร่วมมือจากทุกภาคส่วนอย่างยั่งยืน (รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560)

นอกจากนี้แนวนโยบายดังกล่าวยังสอดคล้องกับหลักการบริหารจัดการสมัยใหม่ที่เน้นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างสถานศึกษากับครู บุคลากรทางการศึกษา ผู้ปกครอง นักเรียน หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และองค์กรที่เกี่ยวข้อง เพื่อเสริมสร้างศักยภาพและขีดความสามารถของโรงเรียนในการใช้และจัดการทรัพยากรทางการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านบุคลากร วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ และสภาพแวดล้อม ตลอดจนตอบสนองความต้องการของผู้เรียนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในบริบทที่แตกต่างกันไปอย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิผลสูงสุด ในขณะเดียวกัน สภาการศึกษาได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นของการบริหารจัดการที่เน้นความร่วมมือและการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างครู บุคลากรทางการศึกษา ผู้ปกครอง และหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพการใช้ทรัพยากรทางการศึกษาอย่างยั่งยืน โดยมองว่าการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องเหล่านี้ไม่ใช่เพียงแค่การสนับสนุนทรัพยากรหรือกิจกรรมชั่วคราวเท่านั้น แต่เป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงทุกฝ่ายเข้าด้วยกันอย่างต่อเนื่อง มีเป้าหมายร่วมกันในการจัดสรรและใช้ทรัพยากรเพื่อพัฒนาและยกระดับคุณภาพการศึกษาที่ตอบโจทย์ความต้องการของสังคมและเศรษฐกิจในยุคปัจจุบัน (รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย: 2560–2579)

ด้วยบริบทของโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘พิพัฒน์โสภณวิทยา’ ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีศักยภาพและมีความพร้อมในการร่วมมือ การพัฒนาโรงเรียนในลักษณะของการบริหารแบบมีส่วนร่วมจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้การบริหารจัดการสถานศึกษาสามารถตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของชุมชนและสภาพแวดล้อมท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากผู้บริหารสถานศึกษาใช้รูปแบบการบริหารแบบมีส่วนร่วมมาใช้ในการปฏิบัติงานในสถานศึกษา จะส่งผลให้เกิดความร่วมมือกันระหว่างผู้บริหารสถานศึกษากับบุคลากรของสถานศึกษา ไม่ว่าจะเป็น การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา การมีส่วนร่วมในการดำเนินการ การมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ และการมีส่วนร่วมในการประเมินผลในการพัฒนาสถานศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการบริหารที่ส่งเสริมให้บุคลากรในสถานศึกษาได้ใช้ความรู้ ความสามารถของตน ให้เกิดประโยชน์ ปฏิบัติหน้าที่ได้สำเร็จอย่างรวดเร็ว ถูกต้อง ตรงเวลา ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้รับ มอบหมาย และส่งผลให้งานประสบความสำเร็จ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารสถานศึกษา จะต้องสร้างทีมงานที่มีคุณภาพ

ขึ้นมา เพื่อช่วยในการพัฒนาสถานศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพและบรรลุ จุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ภายใต้การขับเคลื่อนด้านการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับยุคสมัย ที่เปลี่ยนแปลงไป (ประภาพร ซื่อสุทธิกุล, 2550: 14)

ดังนั้น เพื่อให้การบริหารสถานศึกษาโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 มีประสิทธิผลสูงสุดในการจัดการทรัพยากรทางการศึกษา ทั้งด้านบุคลากร วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ตลอดจนสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทางสังคม จึงจำเป็นต้องศึกษาการบริหารแบบมีส่วนร่วมอย่างเป็นระบบ เนื่องจากการบริหารลักษณะนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นผู้บริหาร ครู บุคลากรทางการศึกษา ผู้ปกครอง และชุมชน ได้เข้ามามีบทบาทร่วมกันในการเพิ่มประสิทธิผลทางทรัพยากรทางการศึกษา ช่วยให้การใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างคุ้มค่า เกิดความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และสร้างความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน

การศึกษาครั้งนี้ยังมีความจำเป็นต่อการค้นหาข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหา อุปสรรค และแนวทางในการปรับปรุงการบริหารแบบมีส่วนร่วมให้เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายและวางแผนพัฒนาในระยะยาว อีกทั้งยังสามารถเป็นต้นแบบให้แก่โรงเรียนอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้นำไปปรับใช้ และสนับสนุนให้สถานศึกษาสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบันและอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2

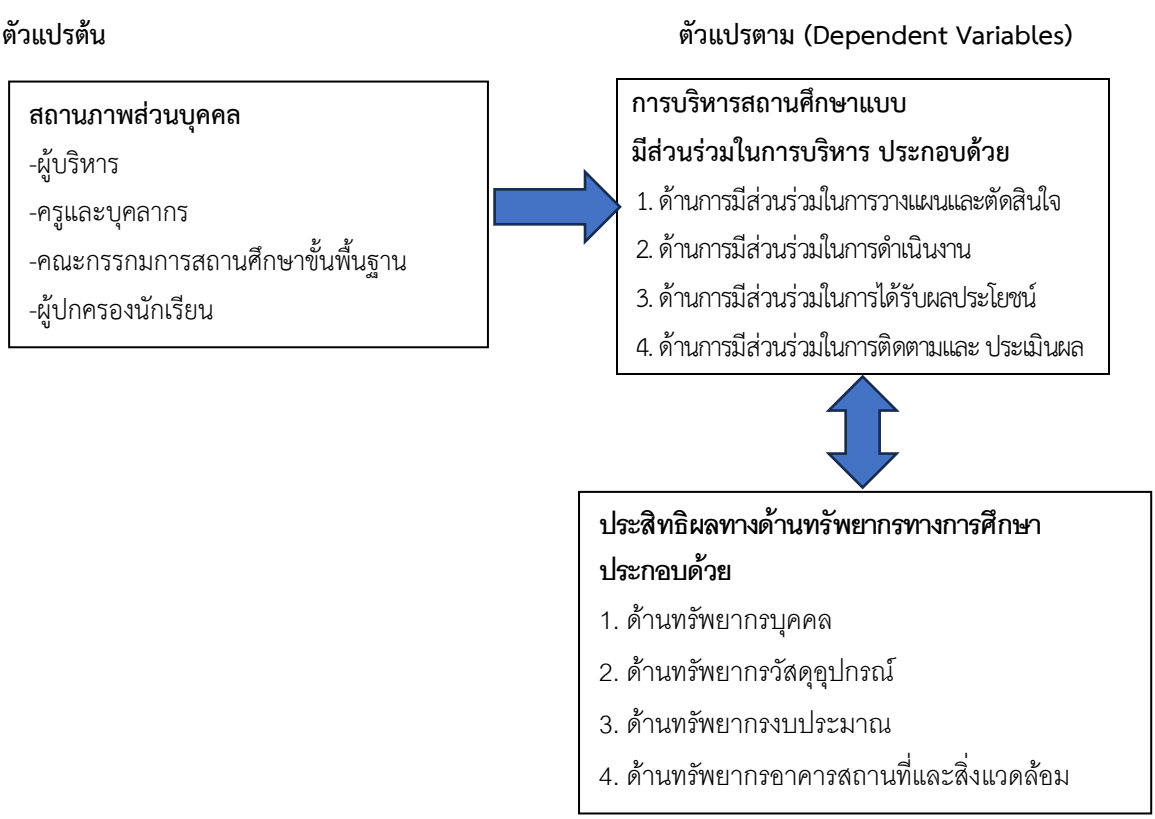
2. เพื่อศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมรส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิผลทางทรัพยากรทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการบริหารสถานศึกษา 2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการบริหารแบบมีส่วนร่วม 3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับทรัพยากรทางการศึกษา 4. ข้อมูลพื้นฐานโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ5) กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย จากประเด็น Research Gap งานวิจัยเดิมศึกษาการมีส่วนร่วมในภาพรวม แต่ยังไม่วิเคราะห์เชิงลึกในมิติการบริหารโรงเรียน จึงได้นำกรอบการบริหารสถานศึกษา 4 งาน ของกระทรวงศึกษาธิการ เป็นกรอบด้านการบริหาร และนำแนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen & Uphoff (1980) เป็นกรอบด้านการมีส่วนร่วม การผสานสองกรอบนี้จะทำให้งานวิจัยมีความชัดเจนทางทฤษฎี สอดคล้องกับบริบทการบริหารโรงเรียนไทย และสามารถแสดงให้เห็นช่องว่างขององค์ความรู้ที่งานวิจัยของท่านเข้ามาเติมเต็มได้อย่างชัดเจน เหมาะสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา และสามารถนำผลการวิจัยไปใช้พัฒนาการบริหารโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 ได้อย่างเป็นรูปธรรม ผู้วิจัยสรุปเพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องการบริหารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิผลทางทรัพยากรทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ในบทนี้ จึงเป็นการเสนอวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งจะกล่าว ในรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

โดยกำหนดประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหาร ครูและบุคลากร คณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน และ ผู้ปกครองนักเรียน โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 จำนวน 81 คน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สถานภาพ	ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
1. ผู้บริหาร	1	1
2. ครูและบุคลากร	20	20
3. คณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน	9	9
4. ผู้ปกครองนักเรียน	51	51
รวม	**81**	**81**

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามจำนวน 2 ฉบับได้แก่ ฉบับที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วมโดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ 2) ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน 3) ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ 4) ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและ ประเมินผล และ ฉบับที่ 2เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษาโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านทรัพยากรบุคคล 2) ด้านทรัพยากรวัสดุอุปกรณ์ 3) ด้านทรัพยากรงบประมาณ 4) ด้านทรัพยากรอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา

2.กำหนดขอบเขตของคำถามให้ครอบคลุมองค์ประกอบที่ทำให้ทราบถึงการบริหารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิผลทางทรัพยากรทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง

3.นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity)ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจและวิจารณ์คำถามแต่ละข้อเพื่อให้ตรงตามเนื้อหา และตรงตามตัวชี้วัดที่ต้องการและครอบคลุมเนื้อหาก่อนนำมาแก้ไข ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องจำแนกเป็นรายข้อ โดยวิธี Item – total Correlation โดยได้ค่า IOC แบบสอบถามทั้งฉบับอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

4.นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะขอผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 30 คน

5.นำแบบสอบถามไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีของ Cronbach (1990: 81) หา ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความความเชื่อมั่นของแบบสอบถามฉบับที่ 1 ทั้งฉบับเท่ากับ 0.9437 และ ค่าความความเชื่อมั่นของแบบสอบถามฉบับที่ 2 ทั้งฉบับเท่ากับ 0.9342

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ศึกษาได้ดำเนินการดังนี้

1.ขอหนังสือรับรองและแนะนำตัวผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยพิษณุโลกไปถึงผู้บริหารสถานศึกษาของโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 เพื่อขออนุญาตเข้าทำการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผู้บริหาร ครูและบุคลากร ให้ตอบแบบสอบถามฉบับที่ 1

1.2 ผู้บริหาร ครูและบุคลากร คณะกรรมการสถานศึกษา และ ผู้ปกครองนักเรียน ให้ตอบแบบสอบถาม ฉบับที่ 2

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง ได้รับคืนครบจำนวน คิดเป็นร้อยละ 100

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามที่รวบรวมทั้งหมดและดำเนินการดังนี้

1.ข้อมูลส่วนที่ 1 สถานภาพส่วนบุคลของกลุ่มตัวอย่าง โดยการแจกแจงความถี่ คิดเป็นค่าร้อยละ นำเสนอในรูปตาราง

2.ข้อมูลส่วนที่ 2 นำข้อมูลจากแบบสอบถามมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หาค่าเฉลี่ย **μ** และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **σ** หรือ ซึ่งการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ ดังนี้ (Best. 1981: 184)

4.50 - 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมระดับความเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมระดับความเห็นอยู่ในระดับมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมระดับความเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมระดับความเห็นอยู่ในระดับน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมระดับความเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐานใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ใช้วิธี Item – total Correlation และสัมประสิทธิ์แอลฟ่า ของครอนบาค (Cronbach)

3. การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ การวิจัย โดยใช้สูตร IOC (ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2565: 123-124) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกที่มีค่าความสอดคล้องของข้อคำถามตั้งแต่ 0.50 ขึ้น ไป คำถามนั้นตรงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

4. ผลการวิจัย

1) ผลการศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **การศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2** ในภาพรวมและรายด้าน

ที่	การศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม	ระดับความเห็น (N=21)			
		μ	**σ**	ระดับ	
1	ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ	4.25	0.28	มาก	
2	ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน	4.07	0.39	มาก	
3	ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์	3.83	0.33	มาก	
4	ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและ ประเมินผล	3.93	0.34	มาก	
	เฉลี่ยรวม	**4.02**	**0.31**	**มาก**	

จากตาราง 1 ผลการศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (**μ**= 4.02, **σ**. = 0.31) และหากพิจารณาเป็นรายด้านที่ผลมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (**μ**= 4.25, **σ** = 0.28) ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (**μ** = 4.07, **σ** = 0.39) ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (**μ** = 3.93, **σ** = 0.34) และ ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (**μ** = 3.83, **σ** = 0.33) ตามลำดับ

2) ผลการศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **การศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2** ในภาพรวมและรายด้าน

ที่	ประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม	ระดับความเห็น (N=81)			
		μ	**σ**	ระดับ	
1	ด้านทรัพยากรบุคคล	3.85	0.28	มาก	
2	ด้านทรัพยากรวัสดุอุปกรณ์	3.82	0.30	มาก	
3	ด้านทรัพยากรงบประมาณ	3.78	0.33	มาก	
4	ด้านทรัพยากรอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม	4.14	0.41	มาก	
	เฉลี่ยรวม	3.90	0.32	มาก	

จากตาราง 2 ผลการศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (μ = 3.90, S.D. = 0.32) และหากพิจารณาเป็นรายด้านที่ผลมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านทรัพยากรอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม มีผลค่าเฉลี่อยู่ในระดับมาก (μ= 4.14, σ = 0.41) ด้านทรัพยากรบุคคล มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (μ = 3.85, S.D. = 0.28) ด้านทรัพยากรวัสดุอุปกรณ์ มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (μ= 3.82, σ. = 0.30) และด้านทรัพยากรงบประมาณ มีผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (μ= 3.78, σ = 0.33) ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

ผลการศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (μ = 4.02, σ = 0.31) และหากพิจารณาเป็นรายด้านที่ผลมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล และ ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์

ผลการศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา จากการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย ‘“พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (μ = 3.90, σ = 0.32) และหากพิจารณาเป็นรายด้านที่ผลมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านทรัพยากรอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม ด้านทรัพยากรบุคคล ด้านทรัพยากรวัสดุอุปกรณ์ และ ด้านทรัพยากรงบประมาณ

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 ผู้วิจัยได้นำประเด็นที่สำคัญมาอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

ผลจากการศึกษาสภาพการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วม โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “ พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่าในภาพรวมทุกด้าน อยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้บริหาร ครู

บุคลากร นักเรียน และชุมชนมีความตระหนักและพร้อมที่จะร่วมมือกันในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา สอดคล้องกับวิจัยของ ณษธัศ ฐิติธนภูมิ (2565) การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่า 1) การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขต พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก 2) แนวทางการพัฒนาการบริหาร แบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี ได้แก่ (1) การมีส่วนร่วมในการวางแผน ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ครูได้มีส่วนร่วมในการกำหนดการใช้ทรัพยากร ในการดำเนินงานต่างๆ ให้ครูเห็นความสำคัญของการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์และความคุ้มค่ามากที่สุด (2) การมีส่วนร่วมในการตั้งเป้าหมาย ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ครูได้มีส่วนร่วมในการตั้งเป้าหมายและกำหนดทิศทางในการดำเนินงานต่างๆ จนเกิดความเข้าใจและนำไปปฏิบัติในทิศทางเดียวกัน (3) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ครูได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจประเมินผล การตรวจสอบการดำเนินงานต่างๆ และสิ่งจำเป็นต่างๆ ขององค์กร (4) การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ครูได้ร่วมแรงร่วมใจในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ร่วมกันกับชุมชน และ ผู้ปกครอง (5) การมีส่วนร่วมในผลประโยชน์ ผู้บริหารสถานศึกษาควรร่วมแสดงความยินดีเมื่อผลการ ดำเนินงานออกมามีผลสำเร็จ เพื่อเป็นขวัญกำลังใจให้กับครู (6) การมีส่วนร่วมในการประเมินผล ผู้บริหารควรให้ครูมีส้วนร่วมในการประเมินผลจากการปฏิบัติงานต่างๆ และสังเกตวัฒนธรรมองค์กร เพื่อการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อให้ครูคาดหวังผลจากการปฏิบัติงานต่างๆ และสามารถจำแนกตามรายด้าน ได้ดังนี้

ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริหาร ครูและบุคลากรมีบทบาทสำคัญร่วมกันในการกำหนดทิศทางและแนวทางปฏิบัติของโรงเรียน โดยเฉพาะข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ “บุคลากรทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในการวางแผนและตัดสินใจ ช่วยให้การดำเนินงานมีทิศทางชัดเจนและเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น” ที่ชี้ให้เห็นว่าการบริหารแบบมีส่วนร่วมทำให้บุคลากรมีส่วนร่วมตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย การตัดสินใจ และการแก้ปัญหา ส่งผลให้เกิดความรับผิดชอบร่วมและความรู้สึกเป็นเจ้าของต่อองค์กร ในขณะเดียวกัน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ “การกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายของสถานศึกษาเปิดโอกาสให้ครูและบุคลากรเสนอความคิดเห็นอย่างหลากหลาย” สะท้อนว่าการมีส่วนร่วมในกระบวนการกำหนดยุทธศาสตร์เชิงนโยบายยังมีข้อจำกัด แม้บุคลากรมีบทบาทในการวางแผนปฏิบัติ แต่การเปิดพื้นที่ให้แสดงความคิดเห็นในระดับวิสัยทัศน์ยังไม่ทั่วถึงนัก และสอดคล้องกับ พรเทพ เหมรานนท์ (2564: 18-26) ที่พบว่าองค์ประกอบของการบริหารแบบมีส่วนร่วมควรครอบคลุมทั้งการคิด วางแผน ดำเนินการ ประเมินผล และการรับผลประโยชน์ หากบุคลากรทุกฝ่ายได้เข้ามามีส่วนร่วมครบทุกมิติ จะช่วยให้สถานศึกษาสามารถพัฒนาอย่างมีประสิทธิผลและยั่งยืนมากขึ้น

ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน พบว่า อยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าสถานศึกษาสามารถสร้างบรรยากาศและสนับสนุนให้ผู้เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการดำเนินงานอย่างจริงจัง โดยเฉพาะข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ “สถานศึกษาสนับสนุนและสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการทำงานร่วมกันของทุกฝ่าย” ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในระดับการคิดและวางแผน แต่ยังเกิดขึ้นจริงในขั้นตอนการปฏิบัติ ซึ่งการร่วมมือกันทั้งในรูปแบบคณะทำงาน หรือในลักษณะ ความร่วมมือทั้งชั่วคราวและถาวร ล้วนส่งผลให้โครงการต่าง ๆ ของโรงเรียนบรรลุเป้าหมายและประสบความสำเร็จได้อย่างเป็นรูปธรรม ในทางตรงกันข้าม ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ “มีการสร้างความร่วมมือและประสานงานกับเพื่อนร่วมงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้งานบรรลุตามเป้าหมายของสถานศึกษา” สะท้อนถึงข้อจำกัดในการประสานงานและการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง แม้จะมีการสนับสนุนให้เกิดการทำงานร่วมกัน แต่ในทางปฏิบัติยังอาจไม่สม่ำเสมอหรือไม่ทั่วถึง ซึ่งอาจเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนาให้เกิดระบบความร่วมมือที่ยั่งยืนมากขึ้นสอดคล้องกับวิจัยของ พีรพัฒน์ แก้วจันทร์ศรี (2568) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารแบบมีส่วนร่วมกับประสิทธิผลของสถานศึกษาในเครือข่ายโรงเรียนกระบี่

เมืองเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ ผลการทดสอบความสัมพันธ์พบว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับประสิทธิผลของสถานศึกษา (r = 0.513, Sig. = .000) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโรงเรียนที่มีการบริหารเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมอย่างเหมาะสมจะมีแนวโน้มประสิทธิผลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Likert (1967) และ Hoy และ Miskel (2012) ที่ชี้ว่าการมีส่วนร่วมของบุคลากรในกระบวนการบริหารช่วยสร้างความไว้วางใจ ความร่วมมือ และความผูกพันต่อองค์กร ส่งผลให้การดำเนินงานเป็นเอกภาพและบรรลุผลสัมฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาร่วมสมัยที่ระบุว่าการมีส่วนร่วมของครู ผู้ปกครอง และชุมชนเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียนและความเข้มแข็งของสถานศึกษาในระยะยาว ผลการวิจัยจึงสะท้อนว่า การบริหารแบบมีส่วนร่วมเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพสถานศึกษาในทุกด้าน โดยเฉพาะในบริบทของเครือข่ายโรงเรียนกระบี่เมืองเก่าที่มีความหลากหลายด้านทรัพยากรและสภาพแวดล้อม การเปิดโอกาสให้ครูและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้ามามีบทบาทในการวางแผน ดำเนินงาน และประเมินผล ไม่เพียงทำให้โรงเรียนมีความโปร่งใสและเข้มแข็งขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยให้เกิดการขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาอย่างยั่งยืนและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนและชุมชนได้อย่างแท้จริง

ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ พบว่า อยู่ในระดับมาก สะท้อนให้เห็นว่าการที่บุคลากรเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานต่าง ๆ ของสถานศึกษา ก่อให้เกิดผลตอบแทนในเชิงจิตใจและสังคม เช่น ขวัญกำลังใจ ความภาคภูมิใจ และความมั่นคงในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ “การได้รับผลประโยชน์จากการมีส่วนร่วมช่วยเสริมสร้างขวัญและกำลังใจ ทำให้บุคลากรมีความภาคภูมิใจและความมั่นคงในการปฏิบัติงาน” แสดงให้เห็นถึงคุณค่าของการมีส่วนร่วมที่ส่งผลโดยตรงต่อแรงจูงใจและความผูกพันต่อองค์กร อย่างไรก็ตาม ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ “ผลประโยชน์ที่บุคลากรได้รับ เช่น โอกาสอบรม สวัสดิการ หรือสิ่งจูงใจอื่น ๆ มีเพียงพอต่อทุกคน” สะท้อนถึงข้อจำกัดในด้านสิ่งตอบแทนรูปธรรมที่ยังไม่ครอบคลุมเพียงพอ แม้บุคลากรจะได้รับผลประโยชน์ทางใจ แต่ในเชิงโครงสร้าง เช่น งบประมาณและทรัพยากร อาจยังไม่เอื้อต่อการจัดสวัสดิการหรือสิ่งจูงใจให้ทั่วถึง ซึ่งสอดคล้องกับ Cohen & Uphoff (1980 : 122) ที่อธิบายว่า “การได้รับผลประโยชน์” (Benefit) ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการมีส่วนร่วม ซึ่งหมายถึงผลลัพธ์ที่ผู้มีส่วนร่วมได้รับทั้งในเชิงวัตถุ เช่น รายได้ สิ่งจูงใจ และในเชิงนามธรรม เช่น ความพึงพอใจ ขวัญกำลังใจ และเป็นปัจจัยที่ช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจให้บุคลากรร่วมมืออย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ บวีณา เขตขันหล้า (2564) ศึกษาวิจัยเรื่อง การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร ผลการวิจัยพบว่า 1)ระดับการบรรหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษาโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก 2) ระดับประสิทธิผลของสถานศึกษาโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของสถานศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ เท่ากับ .677

ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล พบว่า อยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการบริหารแบบมีส่วนร่วมในกระบวนการติดตามและประเมินผลสามารถสร้างความตระหนักและความร่วมมือในการพัฒนาคุณภาพงานได้อย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การมีส่วนร่วมของบุคลากรในการติดตามและประเมินผลช่วยยกระดับคุณภาพงานและพัฒนาสถานศึกษาให้ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมของบุคลากรในกระบวนการติดตามประเมินผล ในขณะเดียวกัน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ บุคลากรได้รับเชิญให้เข้าร่วมในการติดตามผลการดำเนินงานของโครงการหรือกิจกรรมทุกกิจกรรม สะท้อนว่า แม้บุคลากรมีความพร้อมและตระหนักถึงความสำคัญของการติดตามประเมินผล แต่ในทางปฏิบัติยังมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงข้อมูลหรือโอกาสในการมีส่วนร่วมทุกกิจกรรม ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อให้การบริหารแบบมีส่วนร่วมเกิดผลอย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ พรเทพ เหมรานนท์ (2564 : 18-26) ที่ระบุว่า การมีส่วนร่วมของบุคลากรในกระบวนการบริหารและประเมินผลถือเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างคุณภาพและความต่อเนื่องในการพัฒนาสถานศึกษา เพราะจะช่วยให้บุคลากรเกิดความรับผิดชอบ รู้สึกมีคุณค่า และมีแรงจูงใจในการทำงาน

ผลการศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษาในการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วมของโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 พบว่า ประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการบริหารแบบมีส่วนร่วมสามารถสร้างความร่วมมือและสามารถเพิ่มประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทรัพยากรอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม แสดงถึงความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนการสอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณษธัศ ฐิติธนภูมิ (2565) ศึกษาวิจัยเรื่องการบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่า 1) การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขต พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก 2) แนวทางการพัฒนาการบริหาร แบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี ได้แก่ (1) การมีส่วนร่วมในการวางแผน ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ครูได้มีส่วนร่วมในการกำหนดการใช้ทรัพยากร ในการดำเนินงานต่างๆ ให้ครูเห็นความสำคัญของการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์และความคุ้มค่ามากที่สุด (2) การมีส่วนร่วมในการตั้งเป้าหมาย ผู้บริหารสถานศึกษาควรให้ครูได้มีส่วนร่วมในการตั้งเป้าหมาย และกำหนดทิศทางในการดำเนินงานต่างๆ จนเกิดความเข้าใจและนำไปปฏิบัติในทิศทางเดียวกัน (3) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

ดังนั้น ผลการศึกษาระดับประสิทธิผลทางด้านทรัพยากรทางการศึกษาในการบริหารสถานศึกษาแบบมีส่วนร่วมของโรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 ชี้ให้เห็นว่าทรัพยากรทางการศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และการบริหารแบบมีส่วนร่วม ทำให้การจัดสรรและการใช้ทรัพยากรเกิดประสิทธิผลสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ภัคสิฐาพร เจริญสวัสดิ์. (2565). ได้ศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์ โดยภาพรวม ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการดำเนินการ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ด้านการประเมินผล และต่ำสุดคือ ด้านการรับผลประโยชน์ แนวทางการพัฒนาการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ดังนี้ 1) แต่งตั้งผู้ปกครองเป็นคณะทำงานแต่ละระดับชั้นเรียน 2) โรงเรียน ชุมชน และผู้ปกครองร่วมกันพิจารณาแหล่งเรียนรู้ในระดับชุมชน 3) การจัดการเรียนการสอนโดยการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง เป็นการสร้างความเข้าใจอันดีระหว่างผู้ปกครองและนักเรียน และ 4) คณะกรรมการระดับชั้นเรียน ทำหน้าที่ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานของโรงเรียน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1.ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 โรงเรียนควรส่งเสริมและสนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้บริหาร ครู บุคลากร และนักเรียนในกระบวนการวางแผน ดำเนินงาน และประเมินผลการใช้ทรัพยากรทางการศึกษา เพื่อให้การบริหารทรัพยากรมีประสิทธิผลและเกิดความยั่งยืน

1.2 ควรจัดลำดับความสำคัญและวางแผนการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุล โดยเน้นการบริหารด้านอาคารสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ บุคลากร และงบประมาณให้สอดคล้องกับความต้องการและเป้าหมายการเรียนการสอน

1.3 โรงเรียนควรพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลการใช้ทรัพยากรอย่างต่อเนื่อง พร้อมสร้างกลไกการสื่อสารระหว่างผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบผลการดำเนินงานและร่วมกันแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

2.1 ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังโรงเรียนอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบในบริบทที่หลากหลาย

2.2 ควรศึกษาองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของทรัพยากรทางการศึกษา เช่น ภาวะผู้นำของผู้บริหาร วัฒนธรรมองค์กร หรือแรงจูงใจของครูและบุคลากร

2.3 ควรใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) เพื่อวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพควบคู่กัน ทำให้สามารถเข้าใจปัจจัยและกลไกที่ส่งผลต่อการบริหารทรัพยากรทางการศึกษาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบความถูกต้อง และให้กำลังใจทางวิชาการมาโดยตลอด รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้สอนในหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตทุกท่าน ที่ได้มอบความรู้ ประสบการณ์และแนวคิดอันทรงคุณค่า ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนางานวิชาการฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู และบุคลากรทางการศึกษา ตลอดจนคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน และผู้ปกครองนักเรียน โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งน้อย “พิพัฒน์โสภณวิทยา” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 2 ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่มีคุณค่า รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้ศึกษาค้นคว้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาสถานศึกษาได้อย่างเหมาะสมต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ.** พุทธศักราช 2560-2579

[2] ประภาพร ซื่อสุทธิกุล. (2550). **การสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์อภิมาน.** ปริญญานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[3] Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of psychological testing.** (5th ed.). New York: Harper & Row. pp. 202-204.

[4] ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2565). **สถิติเพื่อการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] ณษธัศ ฐิติธนภูมิ. (2565). **การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปทุมธานี.** https://research.rmutt.ac.th/2024/09/23/

[6] พีรพัฒน์ แก้วจันทร์ศรี. (2568). **ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารแบบมีส่วนร่วมกับประสิทธิผลของสถานศึกษาในเครือข่ายโรงเรียนกระบี่เมืองเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่**. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. สืบค้นจาก https://so04.tci-thaijo.org/index.php/edj/article/view/284961

[7] Hoy, W. K., & Miskel, C. G. (2012). **Educational administration**: Theory, research, and practice (9th ed.). McGraw-Hill.

[8] เขตขันหล้า ป., ชวลิตธาดา ส., & อินทรสมพันธ์ ว. (2024). **การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร** . วารสารสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทย (สพบท.), 6(2), 76–89. สืบค้น จาก https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JAPDEAT/article/view/269448

[9] พรเทพ เหมรานนท์. (2564). **การบริหารแบบมีส่วนร่วมของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อ ประสิทธิผลของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 1 และเขต 2 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).** จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

[10] เจริญสวัสดิ์ ภ. (2565). **การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองในการบริหารการจัดการศึกษาของโรงเรียนขนาดกลาง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี**. วารสารชมรมบัณฑิตศิลป์, 3(2). สืบค้นจาก https://so13.tci-thaijo.org/index.php/jotgac/article/view/895



การศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

ยพรัตน์ อิ่มพิทักษ์

คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ 128 ถ. ห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

* yopharat@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิม ของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก และเพื่อเสนอแนวทางในการวางแผนพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้และการบริการวิชาการ กลุ่มตัวอย่างคือศิษย์เก่าจำนวน 400 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า ศิษย์เก่ามีความต้องการพัฒนาทักษะในภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยความต้องการสูงสุดคือ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ($\bar{X}$=4.08) รองลงมาคือ ด้านการบริหารจัดการตนเอง ($\bar{X}$=4.06) และด้านการคิดและแก้ปัญหา ($\bar{X}$=4.03) สำหรับความต้องการพัฒนาทักษะเฉพาะ (New Skills) อยู่ในระดับมากเช่นกัน โดยทักษะที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การจัดการข้อมูลดิจิทัล (Data Science) (X=4.18) และการผลิตเนื้อหาสร้างสรรค์ (Creative Content) ($\bar{X}$=4.14) ศิษย์เก่าให้ความสำคัญกับการพัฒนา New Skills ในระดับสูง ($\bar{X}$=4.37) สำหรับแนวทางยุทธศาสตร์ประกอบด้วย 3 ด้านหลัก ได้แก่ การพัฒนาหลักสูตรระยะสั้น (Non-degree) ด้านดิจิทัลและคอนเทนต์ร่วมกับ Soft Skills, การจัดกิจกรรมรูปแบบผสมผสาน (Hybrid) พ่วงระบบธนาคารหน่วยกิต (Credit Bank) และการพัฒนาคลังความรู้ออนไลน์ (Alumni Portal) เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การเรียนรู้ตลอดชีวิต, ทักษะใหม่, การสร้างทักษะใหม่, การเสริมสร้างทักษะเดิม, ศิษย์เก่า

A Study of Alumni Needs for New Skills, Reskilling, and Upskilling Development Needs among Alumni of the Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Tak.

Abstract

The objectives of this research were to study the requirements for New Skills, Reskilling, and Upskilling development among alumni of the Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Tak, and to propose guidelines for educational and academic service planning. The sample consisted of 400 alumni, selected via Simple random sampling. The research instrument was a questionnaire. Data were analyzed using percentage, mean and standard deviation (S.D.). The findings revealed that the alumni's development needs were at a high level across all aspects. The highest demand was in Information Technology ($\bar{X}$=4.08), followed by Self-Management ($\bar{X}$=4.06), and Cognitive and Problem-Solving ($\bar{X}$=4.03). Regarding specific New Skills, the highest demands were for Data Science ($\bar{X}$=4.18) and Creative Content ($\bar{X}$=4.14). This finding corresponds with the respondents' highest overall priority for New Skills development ($\bar{X}$=4.37). The proposed strategic guidelines comprise three main areas: developing non-degree short courses in digital and content skills integrated with soft skills, delivering hybrid learning with a credit bank system, and creating an online Alumni Learning Portal to promote sustainable self-directed lifelong learning.

Keywords: Lifelong Learning, New Skills, Reskilling, Upskilling, Alumni

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีดิจิทัลในปัจจุบัน ส่งผลให้ตลาดแรงงานมีความต้องการทักษะใหม่ที่หลากหลายและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะทักษะด้านดิจิทัล การวิเคราะห์ข้อมูล การคิดเชิงนวัตกรรม และการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ส่งผลให้บุคลากรจำเป็นต้องพัฒนาความรู้และทักษะอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกการทำงานได้ (World Economic Forum, 2023)

องค์การเพื่อการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ได้ให้ความสำคัญกับแนวคิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) โดยมุ่งส่งเสริมให้ประชาชนทุกช่วงวัยสามารถเข้าถึงโอกาสทางการศึกษาและการพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต (UNESCO, 2022) สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่มุ่งส่งเสริมการพัฒนากำลังคนผ่านการเรียนรู้ตลอดชีวิต และสนับสนุนให้สถาบันอุดมศึกษาพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของกำลังคนในทุกช่วงวัย (สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565)

การพัฒนาทักษะใหม่ (New Skills) การสร้างทักษะใหม่ (Reskilling) และการเสริมสร้างทักษะเดิม (Upskilling) เป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มศักยภาพของกำลังคนให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานในยุคดิจิทัล โดย OECD (2021) ระบุว่าประเทศที่สามารถพัฒนาทักษะของแรงงานให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคเศรษฐกิจได้ จะมีความสามารถในการแข่งขันและการเติบโตทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าประเทศต่าง ๆ จึงให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาทักษะของประชาชนอย่างต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้กำหนดยุทธศาสตร์การจัดการศึกษาสำหรับคนทุกช่วงวัยและมุ่งส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อพัฒนาบัณฑิตและกำลังคนที่มีสมรรถนะสอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมและสังคม (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2566) อย่างไรก็ตาม ยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่าคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ การบริการวิชาการ และการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ (New Skills) การสร้างทักษะใหม่ (Reskilling) และการเสริมสร้างทักษะเดิม (Upskilling) ของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

2. เพื่อศึกษาแนวทางในการวางแผนพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ การบริการวิชาการ และการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับความต้องการ

ความต้องการ (Needs) หมายถึง ความคาดหวังหรือความจำเป็นของบุคคลที่ต้องการได้รับการตอบสนองเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต การทำงาน หรือการประกอบอาชีพ โดยความต้องการเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้และการพัฒนาตนเองของบุคคล การศึกษาความต้องการจึงเป็นกระบวนการสำคัญในการวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างสภาพปัจจุบันกับสภาพที่พึงประสงค์ เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางหรือกิจกรรมที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม (UNESCO, 2022)

ในบริบทของการเรียนรู้ตลอดชีวิต ความต้องการในการพัฒนาตนเองมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่บุคคลจำเป็นต้องแสวงหาความรู้และพัฒนาทักษะอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันในตลาดแรงงาน (OECD, 2021)

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิม

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และระบบอัตโนมัติ ส่งผลให้ตลาดแรงงานมีความต้องการทักษะรูปแบบใหม่มากขึ้น องค์กรและบุคลากรจึงจำเป็นต้องพัฒนาความรู้และทักษะอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (World Economic Forum, 2023)

New Skills หมายถึง การเรียนรู้ทักษะใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน เพื่อรองรับอาชีพ เทคโนโลยี หรือรูปแบบการทำงานใหม่ในอนาคต โดยเฉพาะทักษะด้านดิจิทัล การวิเคราะห์ข้อมูล การใช้ปัญญาประดิษฐ์ และการสร้างนวัตกรรม (World Economic Forum, 2023)

Reskilling หมายถึง การเรียนรู้ทักษะใหม่เพื่อเปลี่ยนบทบาท หน้าที่ หรือสายงานจากเดิมไปสู่รูปแบบการทำงานใหม่ที่สอดคล้องกับความต้องการขององค์กรและตลาดแรงงาน เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้แรงงานสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและโครงสร้างเศรษฐกิจ (OECD, 2021)

Upskilling หมายถึง การพัฒนาทักษะเดิมที่มีอยู่ให้มีความเชี่ยวชาญมากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและรองรับความก้าวหน้าในสายอาชีพ โดยมุ่งเน้นการยกระดับสมรรถนะในการทำงานและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (World Economic Forum, 2023)

จากแนวคิดดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิม เป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในยุคดิจิทัล และเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของศิษย์เก่า เพื่อให้สามารถปรับตัวและแข่งขันในตลาดแรงงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จิรภา ศรีนวล (2567) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะครูผู้สอนรายวิชาวิทยาการคำนวณ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 2 ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด และคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายสามารถส่งเสริมสมรรถนะและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิผล

จุรี ทัพวงษ์ และคณะ (2567) ได้ศึกษารูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเป็นผู้ประกอบการของวิทยาลัยเทคนิคบางแสน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการศึกษาที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการพัฒนาสมรรถนะครูผู้สอน กระบวนการเสริมสร้างสมรรถนะผู้เรียน การพัฒนาหลักสูตรร่วมกับสถานประกอบการ และการติดตามประเมินผลผู้เรียน โดยผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นความสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนและตลาดแรงงาน

ศุรภดา อันชุนดา (2567) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานตามแนวคิดคอนเนกติวิซึมเพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างนวัตกรรมอิงสาระการเรียนรู้ท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก และสามารถนำไปใช้ได้จริงในสถานการณ์การเรียนรู้ โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

ฤชามน พัวพงศกร (2566) ได้ศึกษาเรื่อง "แนวทางการพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัลของบุคลากร ภารกิจด้านอำนวยการ สถาบันโรคผิวหนัง" ผลการวิจัยพบว่า บุคลากรมีความต้องการพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัลในภาพรวมและรายด้านอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก โดยงานวิจัยได้เสนอแนะแนวทางยุทธศาสตร์สำคัญในการพัฒนาทักษะผ่านรูปแบบที่ผสมผสาน และการใช้แพลตฟอร์มการเรียนรู้ทางไกลออนไลน์ เพื่อลดข้อจำกัดด้านเวลาและเปิดโอกาสให้บุคลากรสามารถยกระดับขีดความสามารถดิจิทัลควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานประจำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

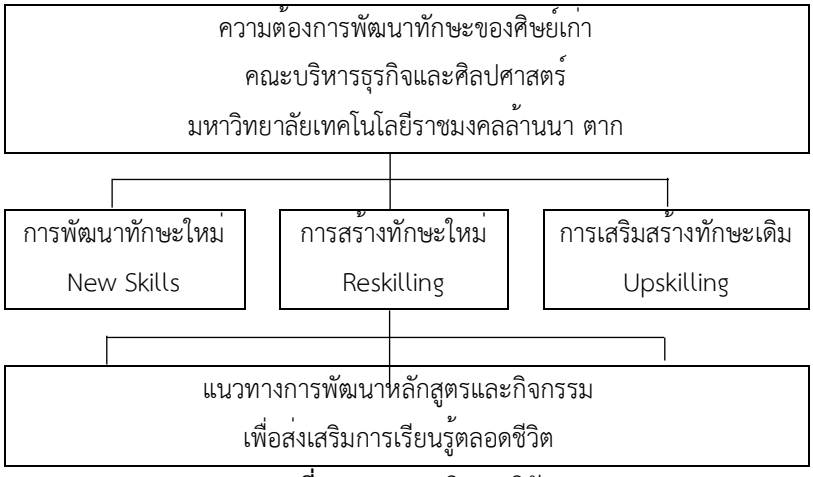
สรียา ทองเอี่ยม และ วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ (2565) ได้ศึกษาเรื่อง "การศึกษารูปแบบการพัฒนาทักษะสำหรับผู้ประกอบการในยุคดิจิทัล" ผลการวิจัยพบว่า ภายใต้การแข่งขันในยุคดิจิทัล บุคลากรและผู้ประกอบการจำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะที่ทันต่อสถานการณ์อย่างเร่งด่วน โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้เสนอแนะและ

เน้นย้ำถึงบทบาทสำคัญในการออกแบบโครงสร้างหลักสูตรระยะสั้น ที่มีความยืดหยุ่น เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาขีดความสามารถและทักษะที่จำเป็นควบคู่ไปกับการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สมพร ปานคำ (2564) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิม สำหรับกำลังคนในยุคปกติใหม่ โดยชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและผลกระทบจากสถานการณ์โควิด-19 ส่งผลให้แรงงานจำเป็นต้องพัฒนาทักษะอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในอนาคต

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิม เป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการพัฒนาหลักสูตร การฝึกอบรม และการเรียนรู้ตลอดชีวิต อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่าคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก โดยตรง ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้และการบริการวิชาการที่ตอบสนองต่อความต้องการของศิษย์เก่าได้อย่างเหมาะสม

2.4 กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ (New Skills) การสร้างทักษะใหม่ (Reskilling) และการเสริมสร้างทักษะเดิม (Upskilling) ของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ศิษย์เก่าคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและระดับปริญญาตรี ระหว่าง พ.ศ.2561 - 2565 รวมจำนวน 1,275 คน (ระบบภาวะการมีงานทำของบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2567)

สาขา	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2565	รวม
การบัญชี	102	126	98	113	141	580
บริหารธุรกิจ	95	145	91	78	76	485
ศิลปศาสตร์	51	53	42	25	39	210
รวม	248	324	231	216	256	1,275

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ศึกษาได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับศึกษาโดยใช้สูตรการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามหลักของทาโรยามาเน่ (Taro Yamane,1973:1088) ที่ระดับความน่าเชื่อถือร้อยละ 95 ความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ +5 ดังนี้

สูตรคำนวณ $n = \frac{N}{1+N(e)^2}$

กำหนดให้

n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนประชากรทั้งหมด

e = ขนาดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.05)

แทนค่า

$n = \frac{1,275}{1 + 1,275(0.05)^2}$

n = 304.66 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ร้อยละ 5 ซึ่งคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำได้เท่ากับ 304.66 คน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตอบแบบสอบถามและเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้รวมเป็นจำนวน 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างง่าย (Simple random sampling)

จากการคำนวณข้างต้น ได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 304.66 คน ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้ศึกษาได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ เท่ากับ 400 คน และทำการสุ่มอย่างง่าย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ หลักสูตรที่สำเร็จการศึกษา ระดับการศึกษา และอาชีพปัจจุบัน

ตอนที่ 2 ความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่า เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert Scale)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะและการจัดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับศิษย์เก่า เป็นคำถามปลายเปิด

การตรวจสอบเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ (New Skills) การสร้างทักษะใหม่ (Reskilling) และการเสริมสร้างทักษะเดิม (Upskilling) ของศิษย์เก่า จากนั้นนำแบบสอบถามเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการวิจัย การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ และการจัดการศึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย มีความชัดเจน และครอบคลุมประเด็นที่ต้องการศึกษา ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 1 วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)ระดับความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ การสร้างทักษะใหม่ และการเสริมสร้างทักษะเดิมของศิษย์เก่า ตอนที่ 2 วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความต้องการ อยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความต้องการ อยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความต้องการ อยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความต้องการ อยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความต้องการ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 378 คน คิดเป็นร้อยละ 94.50 มีอายุต่ำกว่า 25 ปี จำนวน 207 คน คิดเป็นร้อยละ 51.75 สำเร็จ

การศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 386 คน คิดเป็นร้อยละ 96.50 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร 4 ปี จำนวน 298 คน คิดเป็นร้อยละ 74.50 และประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 38.00

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความต้องการพัฒนาทักษะที่จำเป็นเกี่ยวกับการทำงานและการใช้ชีวิตในยุคดิจิทัลของศิษย์เก่า

ที่	ความต้องการในการพัฒนาทักษะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ความต้องการในการพัฒนาทักษะด้านการคิดและแก้ปัญหา		**4.03**	**0.7590**	มาก
1	การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และนวัตกรรม	4.00	0.7772	มาก
2	การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน	4.03	0.7848	มาก
3	การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์	3.92	0.7616	มาก
4	การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และการริเริ่มสิ่งใหม่	4.09	0.7282	มาก
5	การพัฒนาทักษะการใช้เหตุผล ทักษะการตัดสินใจและทักษะการระดมความคิด	4.13	0.7276	มาก
ความต้องการพัฒนาทักษะด้านการบริหารจัดการตนเอง		**4.06**	**0.8090**	มาก
1	การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.04	0.7827	มาก
2	การพัฒนาทักษะการรับมือกับปัญหา การอดทนต่อความกดดัน	4.13	0.8275	มาก
3	การพัฒนาทักษะการปรับตัว	4.03	0.8492	มาก
4	การพัฒนาทักษะความฉลาดทางอารมณ์และสังคม	4.06	0.7732	มาก
ความต้องการพัฒนาทักษะด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น		**3.98**	**0.8310**	มาก
1	การพัฒนาทักษะการเป็นผู้นำและอิทธิพลทางสังคม	3.89	0.7851	มาก
2	การพัฒนาทักษะการสื่อสารและการเจรจา	4.04	0.8397	มาก
3	การพัฒนาทักษะการจัดการผู้อื่นและการปรับตัว	4.00	0.8671	มาก
4	การพัฒนาทักษะในการประสานความร่วมมือและจัดการความขัดแย้ง	4.00	0.8256	มาก
ความต้องการพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ		**4.08**	**0.7587**	มาก
1	การพัฒนาทักษะความเข้าใจและใช้เทคโนโลยีดิจิทัล	4.14	0.7450	มาก
2	การพัฒนาทักษะความเข้าใจในการใช้ข้อมูล	4.12	0.6804	มาก
3	การพัฒนาทักษะการใช้งาน ดูแล และจัดการเทคโนโลยี	4.00	0.7375	มาก
4	การพัฒนาทักษะทางด้านเทคนิค	4.01	0.8466	มาก
5	การพัฒนาทักษะการตระหนักถึงภัยคุกคามด้านดิจิทัล	4.14	0.7649	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ศิษย์เก่ามีความต้องการพัฒนาทักษะที่จำเป็นเกี่ยวกับการทำงานและการใช้ชีวิตในยุคดิจิทัลในภาพรวมอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ($\bar{X}$= 4.08, S.D. = 0.7587$) รองลงมาคือ ด้านการบริหารจัดการตนเอง ($\bar{X}$= 4.06, S.D. = 0.8090) และด้านการคิดและแก้ปัญหา ($\bar{X}$= 4.03, S.D. = 0.7590) ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น ($\bar{X}$= 3.98, S.D. = 0.8310)

ผลการวิเคราะห์ความต้องการด้านทักษะเฉพาะ (New Skills) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความต้องการพัฒนาทักษะเฉพาะ (New Skills)

ทักษะ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)	ระดับ
การจัดการข้อมูลดิจิทัล (Data Science)	4.18	0.6993	มาก
การผลิตเนื้อหาสร้างสรรค์ (Creative Content)	4.14	0.7886	มาก
อุตสาหกรรมเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming)	4.11	0.8059	มาก
การเป็นผู้ประกอบการนวัตกรรม (Smart Innovative Entrepreneur)	4.11	0.8311	มาก
หุ่นยนต์และปัญญาประดิษฐ์ (Robotic and AI)	3.93	0.8733	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ศิษย์เก่ามีความต้องการพัฒนาทักษะเฉพาะ (New Skills) ในภาพรวมอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยทักษะที่มีค่าเฉลี่ยความต้องการสูงสุดคือ การจัดการข้อมูลดิจิทัล (Data Science) ($\bar{X}$= 4.18) รองลงมาคือ การผลิตเนื้อหาสร้างสรรค์ (Creative Content) ($\bar{X}$=4.14) อุตสาหกรรมเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) และการเป็นผู้ประกอบการนวัตกรรม (Smart Innovative Entrepreneur) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{X}$=4.11) ส่วนทักษะที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ หุ่นยนต์และปัญญาประดิษฐ์ (Robotic and AI) ($\bar{X}$=3.93)

นอกจากนี้ จากการสำรวจทิศทางความต้องการเพิ่มเติม พบว่าศิษย์เก่ามีความตระหนักและต้องการพัฒนา New Skills สอดคล้องกับความต้องการในอนาคตสูงที่สุด ($\bar{X}$=4.37, S.D. = 0.5280) รองลงมาคือการพัฒนา Up-Skill เสริมสร้างทักษะเดิม ($\bar{X}$=4.37, S.D. = 0.6272) และ Re-Skill เพื่อสร้างทักษะใหม่ตอบรับโลกปัจจุบัน ($\bar{X}$=4.33, S.D. = 0.6242) สอดคล้องกับความต้องการให้มหาวิทยาลัยฯ จัดโครงการอบรมหลักสูตรระยะสั้นในมิติดังกล่าวในระดับมาก ($\bar{X}$=4.20, S.D. = 0.8019)

ผลการศึกษาแนวทางในการวางแผนพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ การบริการวิชาการ และการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตจากการศึกษาข้อเสนอแนะเพิ่มเติมร่วมกับความต้องการของศิษย์เก่า คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก พบว่าแนวทางในการวางแผนและขับเคลื่อนการจัดการศึกษาและการบริการวิชาการเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตออกเป็น 3 แนวทางหลัก ดังนี้

1. ด้านการพัฒนาหลักสูตรและองค์ความรู้ (Curriculum & Content) ควรจัดลำดับความสำคัญในการพัฒนาหลักสูตรระยะสั้น (Non-degree) มุ่งเน้นกลุ่มทักษะอนาคต (New Skills) ที่มีความต้องการสูงสุด ได้แก่ การจัดการข้อมูลดิจิทัล (Data Science) ($\bar{X}$=4.17) และการผลิตเนื้อหาสร้างสรรค์ (Creative Content) ($\bar{X}$=4.14) โดยบูรณาการเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลควบคู่ไปกับการเสริมสร้างทักษะทางอารมณ์และสังคม (Soft Skills) เช่น การคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและการรับมือภายใต้ความกดดัน

2. ด้านรูปแบบและวิธีการจัดกิจกรรม (Learning Delivery) มุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้แบบยืดหยุ่นและผสมผสาน (Hybrid Learning) เพื่อรองรับกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน (ร้อยละ 38.00) โดยจัดอบรมออนไลน์ควบคู่กับการฝึกปฏิบัติการระยะสั้น (Short-course) พร้อมมอบใบประกาศนียบัตรดิจิทัล (Digital Badges) เพื่อความก้าวหน้าในอาชีพ และควรใช้กลไกธนาคารหน่วยกิต (Credit Bank) เพื่อสร้างแรงจูงใจในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

3. ด้านการขับเคลื่อนระบบนิเวศการเรียนรู้ (Learning Ecosystem) ควรพัฒนาคลังความรู้ออนไลน์ (Alumni Learning Portal) เพื่อให้ศิษย์เก่าเข้าถึงบทเรียนย้อนหลังได้ตลอดเวลาและส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ คณะฯ ควรจัดทำแผนยุทธศาสตร์เชิงรุกประจำปีเพื่อตอบสนองความต้องการของศิษย์เก่าที่มุ่งหวังให้สถาบันจัดโครงการอบรม Re-Skill, Up-Skill และ New-Skill ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.20) อย่างต่อเนื่อง

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมศิษย์เก่ามีความต้องการพัฒนาทักษะใหม่ (New Skills) การสร้างทักษะใหม่ (Reskilling) และการเสริมสร้างทักษะเดิม (Upskilling) อยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ($\bar{X} = 4.08$) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และระบบอัตโนมัติ ส่งผลให้ศิษย์เก่าตระหนักถึงความจำเป็นในการพัฒนาสมรรถนะอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันและความก้าวหน้าในสายอาชีพ สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) ของ UNESCO (2022) และ OECD (2021) ที่ระบุว่าการยกระดับทักษะเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มศักยภาพกำลังคน สอดรับกับ สมพร ปานคำ (2564) ที่ชี้ว่าทักษะดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักในการปรับตัวของแรงงานยุคปกติใหม่ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤชามน พัวพงศกร (2566) ที่พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความต้องการพัฒนาทักษะดิจิทัลในระดับมากและเสนอแนะให้จัดการพัฒนาสมรรถนะผ่านระบบออนไลน์ที่ยืดหยุ่นเพื่อลดข้อจำกัดด้านเวลาของกลุ่มคนทำงานประจำซึ่งเป็นศิษย์เก่าส่วนใหญ่ (ร้อยละ

38.00)เมื่อพิจารณาความต้องการพัฒนาทักษะเฉพาะ (New Skills) พบว่า ศิษย์เก่ามีความต้องการพัฒนาทักษะด้านการจัดการข้อมูลดิจิทัล (Data Science) สูงที่สุด ($\bar{X} = 4.18$) รองลงมาคือ การผลิตเนื้อหาสร้างสรรค์ (Creative Content) ($\bar{X} = 4.14$) สะท้อนให้เห็นว่าศิษย์เก่าให้ความสำคัญกับสมรรถนะด้านการวิเคราะห์และการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับองค์กร สอดคล้องกับรายงาน The Future of Jobs Report ของ World Economic Forum (2023) ที่ระบุว่าทักษะด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่มีความต้องการสูงในตลาดแรงงานปัจจุบัน นอกจากนี้ การที่ศิษย์เก่าต้องการให้สถาบันจัดโครงการอบรมหลักสูตรระยะสั้นในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$) ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สรียา ทองเอี่ยม และ วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ (2565) ที่ระบุว่าการออกแบบหลักสูตรระยะสั้น (Non-Degree) ที่มีความยืดหยุ่น จะช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพัฒนาขีดความสามารถที่จำเป็นควบคู่ไปกับการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยนี้จึงเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำคัญในการขับเคลื่อนคณะฯ ให้ตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การจัดการศึกษาสำหรับคนทุกช่วงวัยเพื่อมุ่งสู่การเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ตลอดชีวิตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (2566) ที่ตอบสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรมอย่างเป็นรูปธรรม

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. พัฒนาหลักสูตรระยะสั้น (Non-degree) โดยมุ่งเน้นทักษะ Data Science และ Creative Content ควบคู่กับการพัฒนา Soft Skills

2. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Hybrid Learning) และระบบ Credit Bank เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ศิษย์เก่าวัยทำงาน

3. พัฒนาคลังความรู้ออนไลน์ เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาสมรรถนะอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยหรือแรงจูงใจที่ส่งผลต่อความต้องการพัฒนาทักษะของศิษย์เก่าในเชิงลึก

2. ศึกษาความต้องการพัฒนาทักษะแยกตามสาขาวิชาหรือกลุ่มอาชีพ

3. พัฒนาและประเมินผลหลักสูตรระยะสั้น เพื่อศึกษาผลลัพธ์ด้านสมรรถนะของผู้เข้ารับการอบรมในระยะยาว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2569 ในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณศิษย์เก่าคณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ทุกท่าน ที่ได้สละเวลาและให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ตลอดจนให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

OECD. (2021). Skills Outlook 2021: Learning for life. Paris: OECD Publishing.

UNESCO. (2022). Transforming education from within: Current trends in the status and development of teachers. Paris: UNESCO.

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2565). แผนด้านการอุดมศึกษาเพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ. 2564–2570. กรุงเทพฯ: กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. Geneva: World Economic Forum. สืบค้นจาก https://www.weforum.org

สมพร ปานคำ. (2564). พัฒนาทักษะ เพิ่มทักษะและสร้างทักษะใหม่ สิ่งสำคัญสำหรับคนอาชีวศึกษาในโลกยุคปกติใหม่. วารสารวิชาการอาชีวศึกษา, 5(2), 1-12.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. (2566). แผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พ.ศ. 2566–2570. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

จิรภา ศรีนวล. (2567). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะครูผู้สอนรายวิชาวิทยาการคำนวณ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 2. วารสารการศึกษาและพัฒนาสังคม, 20(1), 45-61.

จุรี ทัพวงษ์ และคณะ. (2567). รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเป็นผู้ประกอบการของวิทยาลัยเทคนิคบางแสน. วารสารวิจัยทางการศึกษา, 19(2), 112-128.

ศุรภดา อันชุนดา. (2567). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมแบบผสมผสานตามแนวคิดคอนเน็คติวิสซึมส์เพื่อส่งเสริมทักษะการสร้างนวัตกรรมอิงสาระการเรียนรู้ท้องถิ่น. วารสารศึกษาศาสตร์, 35(1), 89-105.

ฤชามน พัวพงศกร. (2566). แนวทางการพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัลของบุคลากร ภารกิจด้านอำนวยการ สถาบันโรคผิวหนัง. การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

สรียา ทองเอี่ยม และ วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ. (2565). การศึกษารูปแบบการพัฒนาทักษะสำหรับผู้ประกอบการในยุคดิจิทัล. วารสารการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 14(1), 32-42.



การหาประสิทธิภาพโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง

อมร อ้นกรอง [1*] ปฐมพร สุริยะ[2] และโชติกา ตาอุด[3]

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 41/1 หมู่ 7 ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

*amorn04195811@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0873540922

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มุ่งพัฒนาหาประสิทธิภาพโครงการสอนรายวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง (ENGEE125) สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนสื่อการเรียนรู้และเน้นการออกแบบแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยจัดทำแผนการสอนรวม 17 สัปดาห์ แบ่งเป็น 8 หน่วยการเรียนรู้ ครอบคลุมตั้งแต่พื้นฐานธรรมชาติของแสง การคำนวณออกแบบแสงสว่างทั้งภายในและภายนอกอาคาร ไปจนถึงการใช้ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบ พร้อมสื่อการสอนที่ทันสมัยผ่านโปรแกรม Canva และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพ

ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ โดยมีผลประเมินดังนี้ ด้านแผนการสอนมีค่าเฉลี่ย 4.33 (อยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดี) ด้านใบเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.26 (อยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดี) ด้านแบบฝึกหัดมีค่าเฉลี่ย 4.1 (อยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดี) ด้านแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ย 4.2 (อยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดี) ด้านสื่อการสอนมีค่าเฉลี่ย 4.2 (อยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดี) พบว่าโครงการสอนมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ ดี (ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.33) และได้นำโครงการสอนไปทดลองกับกลุ่มนักศึกษาตัวอย่าง 21 คน คนโดยเลือกแบบเจาะจง เมื่อนักศึกษาตัวอย่างที่ได้เรียนจากสื่อการสอน ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.92/91.96 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 เมื่อนำข้อมูลแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างสูงกว่าคะแนนแบบฝึกหัดก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.001 แสดงให้เห็นว่าโครงการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ วิศวกรรมส่องสว่าง, การออกแบบแสงสว่าง, สื่อการสอน,แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

Illuminating Engineering Teaching Project

Amorn Onkrong [1*] Pathomphon Suriya[2] and Chotika Taoud[3]

[1] ajamangala University of Technology Lanna, Tak Campus, 41/1 Moo 7, Maingam Subdistrict, Mueang Tak District, Tak Province 63000

* amorn04195811@gmail, 0873540922

Abstract

This article aims to develop a comprehensive instructional project for the Illumination Engineering course (ENGEE125) for electrical engineering students at Rajamangala University of Technology Lanna Tak. The primary objective is to address the shortage of learning materials while emphasizing energy-efficient lighting design. The developed curriculum spans 17 weeks and is divided into eight learning units, covering topics ranging from the fundamental nature of light and indoor and outdoor lighting design calculations to the application of specialized design software. The project incorporates modern instructional media developed using Canva and includes achievement tests designed to evaluate student performance.

The quality assessment of the instructional materials conducted by a panel of experts revealed highly positive outcomes across all evaluated dimensions. Specifically, the lesson plans received the highest mean score of 4.33. followed by the content sheets with a mean score of 4.26. Both the achievement tests and instructional media achieved an identical mean score of 4.20, while the exercises received a mean score of 4.10. According to the evaluation criteria, allcomponents were rated at a "Good" level. Consequently, the overall quality of the instructional project was also classified as "Good," with mean scores ranging from 4.10 to 4.33. The program was then pilot-tested with a purposive sample group of 21 students. When the sample students who learned from the instructional materials completed.Take quizzes during the course and take quizzes after the course., their effectiveness was 83.92/91.96, which is higher than the set criterion of 80/80. The pre-test and post-test data, the post-test scores of the sample group were significantly higher than their pre-test scores ($p < 0.001$), demonstrating the effectiveness of the developed teaching program in promoting student academic achievement

Keywords: Illumination Engineering, Lighting System Design,Learning Media, Achievement test

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบแสงสว่างมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ตั้งแต่การใช้งานในบ้านเรือน อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม ไปจนถึงระบบไฟถนนและสาธารณะ วิศวกรรมส่องสว่างเป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับหลักการของแสง การกระจายของแสง และเทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่างที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระบบแสงสว่างคือการใช้พลังงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ในการออกแบบระบบส่องสว่างที่ไม่มีความสำคัญสำหรับภายในอาคารและภายนอกอาคารที่ออกแบบได้ไม่ดีอาจส่งผลกระทบต่อสภาพสายตาและความสบายของผู้ใช้งาน รวมถึงด้านการประหยัดพลังงาน วิศวกรออกแบบจึงต้องเห็นความสำคัญในการออกแบบแสงสว่าง โดยหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ได้มีการเรียนการสอนในรายวิชานี้ แต่ยังขาดสื่อการเรียนการสอน วิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ENGEE125 จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและเลือกใช้โครงการสอนระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดการใช้พลังงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผู้จัดทำวิจัยจึงได้จัดทำโครงการสอนประกอบไปด้วย ใบเนื้อหาวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง รหัสวิชา ENGEE125 ทั้งหมด 8 หน่วยเรียน ประกอบด้วย 1) ธรรมชาติของแสงสว่าง 2) หลอดไฟชนิดต่างๆ 3) หน่วยและการวัดแสงสว่าง 4) ดวงโคมและการเลือกใช้ 5) การออกแบบและคำนวณแสงสว่างภายในอาคาร 6) การออกแบบและคำนวณแสงสว่างภายนอกอาคาร 7) ไฟถนนและดวงโคมไฟฉาย 8) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแสงสว่าง แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสื่อการสอนประเภทโปรแกรม CANVA ประกอบการสอนแต่ละหน่วยเรียน

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.1.1 เพื่อสร้างโครงการสอนรายวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง รหัสวิชา ENGEE125

1.1.2 เพื่อสร้างแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.1.3เพื่อหาประสิทธิภาพสื่อการสอนประกอบการสอนแต่ละหน่วยเรียนของโครงการสอนรายวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงการสอนรายวิชา

อภิศักดิ์ ขันแก้วหล้า (พ.ศ.2547: 187) กล่าวว่า การจัดทำโครงการสอนรายวิชา มีส่วนประกอบที่แสดงรายละเอียดช่วยให้ผู้สอนมีการวางแผน เตรียมการค้นคว้าหาข้อมูลและดำเนินการสอนไปตามโครงการสอนที่ได้จัดทำขึ้น ดังนั้นเปรียบการสอนคือการเดินทาง เปรียบโครงการสอนเสมือนแผนที่ ๆ บอกรายละเอียดของการเดินทาง

2.1.1 ส่วนประกอบของโครงการสอนรายวิชา

โครงการสอนรายวิชาของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล มีส่วนประกอบดังนี้คือ

2.1.1.1 ลักษณะรายวิชา ซึ่งจะมีรายละเอียดของรหัสชื่อวิชาสภาพรายวิชา ระดับรายวิชา วิชาพื้นฐาน เวลาศึกษา จำนวนหน่วย จุดมุ่งหมายรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา

2.1.1.2 การแบ่งหน่วยเรียน จะแบ่งตามคำอธิบายรายวิชาในการแบ่งหน่วยเรียน จะระบุเวลาที่ใช้เรียนของแต่ละหน่อยของการเรียนทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

2.1.1.3 การแบ่งหน่วย / บทเรียน / หัวข้อ ส่วนนี้จะแบ่งแยกย่อย จากหน่วยเรียนจนถึงหัวข้อซึ่งจะบอกรายละเอียดหัวข้อทั้งหมดของบทเรียน พร้อมระบุเวลา

2.1.1.4 จุดประสงค์การสอน บทเรียนจะเขียนจุดประสงค์เป็นจุดประสงค์ทั่วไปส่วนหัวข้อจะเขียนเป็นจุดประสงค์เฉพาะ

2.1.1.5 กำหนดการสอน เป็นการระบุว่าตลอดภาคเรียนการศึกษาแต่ละสัปดาห์จะสอนเนื้อหาบทใดบ้าง เป็นการวางแผนให้สามารถสอนได้ครบทุกบทเรียน

2.1.1.6 เกณฑ์การประเมินผลรายวิชา จะทำให้ผู้เรียนปฏิบัติตนได้ถูกต้องเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ประเมินผล สำหรับตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน และเกณฑ์ผ่านจะช่วยให้ผู้สอนให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละหน่วยเรียนได้ตามความสำคัญของเนื้อหา

2.1.1.7 เอกสารอ้างอิง เป็นส่วนที่ต้องมีไว้สำหรับการสืบค้น อ้างอิงผู้สอน และผู้เรียนในโครงการสอนรายวิชาจะต้องมีแผนบทเรียนของแต่ระบบเรียน

2.2.1 จุดประสงค์ทั่วไป

จุดประสงค์ทั่วไป เป็นจุดประสงค์ที่ตั้งขึ้นไว้เป็นกรอบหรือแนวกว้างๆ ทำให้ทราบว่า ผู้เรียนควรจะเกิดการเรียนรู้อะไรขึ้นบ้าง หลังจากได้ผ่านการเรียนการสอนแล้ว และข้อความที่กล่าวถึงพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างกว้าง ๆ ว่าจะมีพฤติกรรมเป็นอย่างไรหลังจากการเรียนรู้แล้วพฤติกรรมที่สังเกตเห็นไม่ได้ วัดไม่ได้ เช่น ผู้เรียนเข้าใจหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

2.2.2 จุดประสงค์เฉพาะ

จุดประสงค์เฉพาะ หรือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หมายถึง ข้อความที่ระบุถึงพฤติกรรมของผู้เรียนว่าจะทำอะไรได้หลักจากการเรียน ซึ่งเป็นข้อความที่ระบุอย่างชัดเจนเฉพาะเจาะจงและพฤติกรรมที่แสดงออกมานั้นก็สามารถสังเกตวัดได้ คำกริยาที่ใช้มักบ่งชี้ให้เห็นการกระทำที่ผู้สอน สังเกตได้ ได้แก่ บอก อธิบาย สรุป แยกแยะ จุดประสงค์เฉพาะนี้ผู้สอนจะเขียนขึ้น เพื่อใช้ในการสอนเนื้อหาย่อยที่สอนในแต่ละครั้ง เพราะจะช่วยให้ผู้สอนวัดผลได้ชัดเจนว่าผู้เรียนเกิดพฤติกรรมตาม จุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

ลักษณะเด่นของจุดประสงค์เฉพาะ เป็นการใช้คำกริยาที่บ่งให้เห็นพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถสังเกตได้และวัดผลได้ชัดเจน ดังนั้น คำบ่งชี้พฤติกรรมในจุดประสงค์ทั่วไป และ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจึงแตกต่างกัน ในจุดประสงค์ทั่วไปจะใช้คำกว้าง ๆ ไม่เฉพาะเจาะจงแต่ใน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจะใช้คำที่แสดงพฤติกรรมอย่างเฉพาะเจาะจง

2.3 การสร้างแผนการสอน

2.3.1 ความหมายของแผนการสอน

ชนาธิป พรกุล (พ.ศ.2552: 85) ได้ให้ความหมายไว้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เขียนไว้ล่วงหน้าทำให้ผู้สอนมีความพร้อม และมั่นใจว่าสามารถสอนได้บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้และดำเนินการสอนได้ราบรื่น

อาภรณ์ ใจเที่ยง (พ.ศ.2553: 216) ได้อธิบายไว้ว่า แผนการสอนมีความหมายเช่นเดียวกันกับแผนการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนรู้ และการ วัดผลประเมินผลที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

สุรสิทธิ์ แสนทอน (พ.ศ.2553: 200) ได้ให้ความหมายของแผนการสอนไว้ว่า แผนการสอนหมายถึง การเตรียมการล่วงหน้าที่เป็นลำดับขั้นตอน เป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อใช้เป็นแนวดำเนินการในการเรียนการสอน

2.3.2 ความสำคัญของแผนการสอน

แผนการสอนนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการเรียนการสอน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับพิมพ์เขียวของวิศวกรหรือสถาปนิก ที่ใช้ในการควบคุมงานต่างๆ ถ้าหากขาดพิมพ์เขียววิศวกรหรือสถาปนิกก็ไม่สามารถทำงานได้ ก็เหมือนกันถ้าผู้สอนไม่มีแผนการสอนก็ไม่สามารถที่จะสอนได้ยิ่งถ้าหากผู้สอนเป็นคนศึกษาข้อมูล และทำแผนการสอนด้วยตนเองก็ยิ่งเกิดประโยชน์กับตัวผู้สอนเองเพราะจะได้มีความรู้อย่างถ่องแท้ และสามารถถ่ายทอดความรู้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพในการสอน

ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย (พ.ศ.2558: 347-348) ได้อธิบายไว้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดสำคัญ ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้เป็นหลักฐานที่แสดงถึงการเป็นครูมืออาชีพ มีการเตรียมล่วงหน้าแผนการจัดการเรียนรู้จะสะท้อนให้เห็นถึงการใช้เทคนิคการสอน สื่อนวัตกรรม และจิตวิทยาการเรียนรู้มาผสมผสานกันหรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของนักเรียนที่ตนเองสอนอยู่

2) แผนการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้สอนได้ศึกษาค้นคว้า หาความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร เทคนิคการสอน สื่อนวัตกรรม และวิธีการวัดและประเมินผล

3) แผนการจัดการเรียนรู้ทำให้ครูผู้สอนและครูที่จะปฏิบัติการสอนแทน สามารถปฏิบัติการสอนแทนได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ

4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นหลักฐานที่แสดงข้อมูลด้านการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

5) แผนการจัดการเรียนรู้เป็นหลักฐานที่แสดงถึงความเชี่ยวชาญในวิชาชีพครู ซึ่งสามารถนำไปเสนอเป็นผลงานทางวิชาการ เพื่อขอเลื่อนวิทยฐานะหรือตำแหน่งได้

2.4 สื่อการสอน

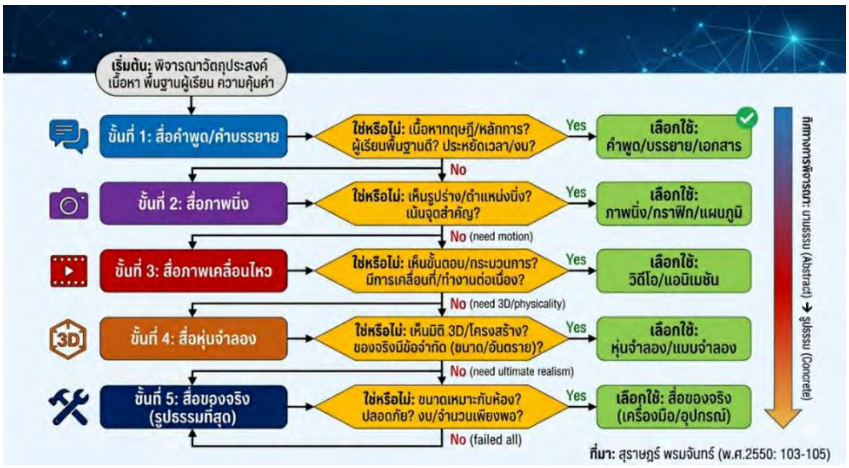
2.4.1 ความหมายของ “สื่อการสอน”

กิดานันท์ มลิทอง (พ.ศ.2543: 89-90) กล่าวว่า สื่อนับเป็นสิ่งที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากการสอนตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากเป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของเนื้อหาบทเรียนให้ตรงกับผู้สอนต้องการ ไม่ว่าสื่อนั้นจะอยู่ใน

รูปแบบใดก็ตาม “สื่อการสอน” หมายถึง สิ่งใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยุ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ แผนภูมิ แผ่นซีดีสำเร็จรูป รูปภาพ ฯลฯ ซึ่งเป็นวัสดุบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน หรือเป็นอุปกรณ์เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาสิ่งเหล่านี้เป็นวัสดุ อุปกรณ์ทางกายภาพที่นำมาใช้เทคโนโลยีการศึกษาเป็นสิ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางทำให้การสอนส่งไปถึงผู้เรียน สื่อการสอนถือว่ามีบทบาทมากในการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

2.4.2 แนวคิดในการพิจารณาเลือกสื่อการสอน

หลังจากได้พิจารณาคร่าว ๆ ในขั้นต้นถึงวัตถุประสงค์ เนื้อหาวิชา พื้นฐานความรู้และประสบการณ์ผู้เรียน ความคุ้มค่าในการใช้ ต่อมาก็เป็นแนวคิดเบื้องต้น โดยพิจารณาจากสื่อเป็นนามธรรมไปหารูปธรรม



รูปที่ 1 การพิจารณาเลือกสื่อการสอน

2.4.3.การสร้างสื่อการสอนด้วยโปรแกรม Canva

Canva เป็นแพลตฟอร์มที่มีความทันสมัย ออกแบบได้หลากหลาย ใช้งานง่าย และประหยัดเวลาในการทำงาน สามารถนำมาปรับปรุง สร้างกิจกรรม ทำงานให้กับนักเรียนได้ และที่สำคัญคุณครูสามารถนำมาใช้กับการเรียนการสอนของนักเรียนได้ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ด้านเทคโนโลยี สามารถออกแบบ และนำเสนอ ความคิดผ่านโปรแกรม Canva ได้ Canva เป็นแพลตฟอร์มออนไลน์ในการออกแบบกราฟฟิกที่มีความหลากหลาย

2.5 การสร้างแบบทดสอบ

การสร้างแบบทดสอบสอบคือของคำถาม ปัญหา สถานการณ์ กลุ่มของงานหรือกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นสิ่งเร้า กระตุ้นยั่วยุ หรือชักนำให้ผู้ถูกทดสอบแสดงพฤติกรรมหรือปฏิกิริยาตอบสนองตามแนวทางที่ต้องการ แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดสมรรถภาพทางสมองได้ดีที่สุดสมรรถภาพที่จะวัดเป็น

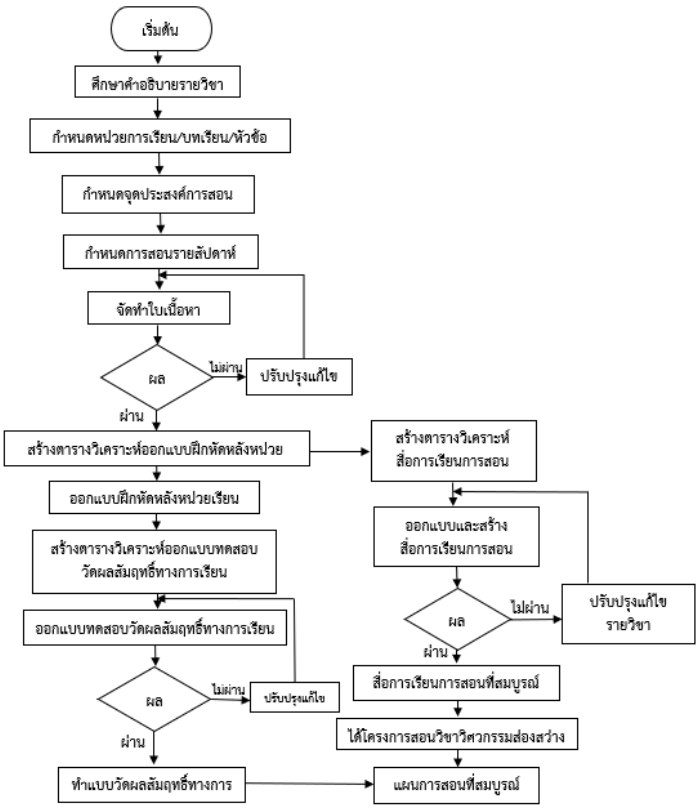
เกณฑ์ มี 3 ประเภท คือ 1.แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) 2.แบบทดสอบความถนัด (Aptitude Test) 3.แบบทดสอบบุคคลและสังคม (Personal-Social Test

2.5.1 การหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่หมายถึงแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะ หรือจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของแบบทดสอบ ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย แบบทดสอบทุกฉบับจะต้องมีคุณภาพด้านความเที่ยงตรง จึงจะเชื่อได้ว่าเป็นแบบทดสอบที่ดี สามารถจำแนกตามคณลักษณะที่ต้องการวัดได้ 4 ประเภท คือ ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ และความเที่ยงพยากรณ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

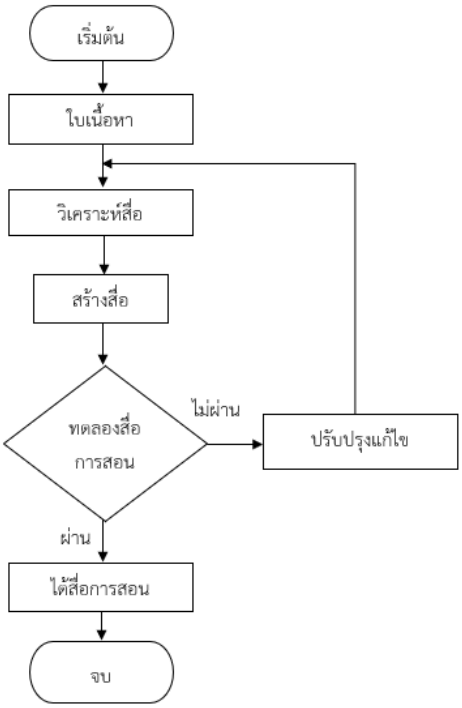
เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานของโครงการสอนมีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินงานการสร้างแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 รายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินงานการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง

โครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ที่จัดสร้างขึ้นมานี้เป็นโครงการสอนประกอบการบรรยายหรือโครงการสอนสำหรับผู้สอน เพื่อใช้ในกระบวนการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนในการสร้างโครงการสอน ดังแสดงในรูปที่ 2

3.1 สื่อการเรียนการสอน การสร้างสื่อการเรียนการสอน วิชาวิศวกรรมส่องสว่างตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตวิศวกรรมไฟฟ้า พุทธศักราช 2565 ผู้จัดทำได้ยึดตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รวมถึงใบเนื้อหาและข้อดีข้อจำกัดของสื่อการสอนแต่ละชนิดเป็นหลัก เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนมากที่สุด ผู้จัดทำจึงสร้างสื่อการเรียนการสอนชนิดคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นแบบใช้โปรแกรม Canva แบบภาพนิ่ง ซึ่งมีสีสันสวยงานและมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจได้อีกด้วย จึงทำให้เกิดการเร้าความสนใจของผู้เรียน โดยสรุปขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ไว้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง

3.2 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้จัดทำได้จัดทำให้มีลักษณะเป็นข้อ ๆ ทดสอบแบบปรนัยการสร้างตารางวิเคราะห์ออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการสร้าง ดังต่อไปนี้

1) นำหมายเลขและระดับของวัตถุประสงค์ จากใบรายการวัตถุประสงค์มาเขียนลงในช่องวัตถุประสงค์ และช่อง LS ของตารางตามลำดับ

2) กำหนดระดับความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์โดยใช้สัญลักษณ์ X , Iและ O โดยเติมลงในช่อง W และช่องระดับวัตถุประสงค์

3) แปลงสัญลักษณ์ X , I และ O เป็นคะแนนความสำคัญ 3 , 2 และ 1ตามลำดับ

4) หาผลรวมของคะแนนความสำคัญของแต่ละหัวข้อเรื่อง

5) ระบุจำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละหัวข้อเรื่อง โดยพิจารณาตามในวัตถุประสงค์ที่มีระดับความสำคัญ X ก่อน ที่เหลือค่อยพิจารณาวัตถุประสงค์รองลงไปดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย

วัตถุประสงค์	LS	W	คะแนน	คะแนนรวม	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนแบบทดสอบ
					R	A	T	
หัวข้อเรื่องที่ 1.1								
1.1.1	R	O	1	3		O(1)		2
1.1.2	R	O	1			O(1)		
1.1.3	R	O	1			O		
ผลรวมแบบทดสอบ				3	1	2		2

ตารางที่ 2 ตารางการวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์

วัตถุประสงค์	LS	W	คะแนน	คะแนนรวม	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
					R	A	T	
หัวข้อเรียนที่ 1.1								
1.1.1	R	I	2	6		I(2)		3
1.1.2	R	I	2			I(2)		
1.1.3	R	I	2			I(2)		

3.3 วิเคราะห์ผลจากแบบประเมินคุณภาพ

การวิเคราะห์แบบสอบถามประเมินคุณภาพโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง สำหรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ เมื่อทำการประเมินแล้วนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาหาค่าเฉลี่ยจากสูตรการหาค่าเฉลี่ยแล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปรผลตามของลิเคิร์ท (Likent Scale) ซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 4.50 - 5.00 หมายถึง อยู่ในระดับดีมาก

คะแนน 3.50 - 4.49 หมายถึง อยู่ในระดับดี

คะแนน 2.50 - 3.49 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนน 1.50 - 2.49 หมายถึง อยู่ในระดับพอใช้

คะแนน 1.00 - 1.49 หมายถึง อยู่ในระดับต้องปรับปรุงแก้ไข

ตัวเลขคะแนนที่ได้มานั้นเกิดจากการคำนวณจากสูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\sum(\text{จำนวนผู้ประเมิน} \times \text{ระดับความคิดเห็น})}{\text{จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยรวม} = \frac{\sum(\text{ค่าเฉลี่ย})}{\text{จำนวนข้อคำถามความคิดเห็น}} \quad (2)$$

4. ผลการวิจัย

การสร้างโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตร พ.ศ. 2565) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จะประกอบไปด้วยเอกสารโครงการสอนและสื่อประกอบการเรียนการสอนด้วยโปรแกรม Canva

เอกสารโครงการสอนสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ประกอบด้วยแผนการสอน ใบเนื้อหา แบบฝึกหัดหลังเรียนทุกสัปดาห์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์พร้อมเฉลยและสื่อการสอน โดยมีหน่วยเรียนทั้งหมด 8 หน่วยเรียน คือ 1) ธรรมชาติของแสงสว่าง 2) หน่วยและการวัดแสงสว่าง 3) หน่วยและการวัดแสงสว่าง 4) ดวงโคมและการเลือกใช้ 5) การออกแบบและคำนวณแสงสว่างภายในอาคาร 6) การออกแบบและคำนวณแสงสว่างภายนอกอาคาร 7) ไฟถนนและดวงโคมไฟฉาย 8) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแสงสว่างและแบ่งออกเป็นแผนการสอนทั้งหมด 17 แผนการสอน จัดทำเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนด้วยโปรแกรม Canva

4.1 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

การสร้างโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ในการหาคุณภาพของโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง โดยทางผู้จัดทำได้ทำการสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ทำการประเมินโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง ผลของการประเมินคุณภาพของโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง3 ท่าน ทั้ง 5 ด้าน

ลำดับที่	ผลการประเมินรวมของผู้เชี่ยวชาญ	ระดับความคิดเห็น
		ค่าเฉลี่ย
1	ด้านแผนการสอน	4.33
2	ด้านใบเนื้อหา	4.26
3	ด้านแบบฝึกหัดหลังเรียน	4.1
4	ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	4.2
5	ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.2
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.22

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจำนวน 21 คน

คะแนน	N	$\bar{x}$	S.D	t	p-value
ก่อนเรียน	21	93.99	3.85	9.312	< 0.001
หลังเรียน	21	103	3.78		

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะประสิทธิภาพประสิทธิภาพโครงการสอนรายวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง

หัวข้อ	N	$\bar{x}$	$\sum X$	ร้อยละ
แบบทดสอบก่อนเรียน E1	21	93.99	1973.80	83.92
แบบทดสอบหลังเรียนเรียน E2	21	103	2162.90	91.96

จากตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 93.99 (S.D=3.85) และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ103 (S.D=3.78) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t=9.312, p<0.001$) เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้และ ตารางที่ 4.3 พบว่าประสิทธิภาพทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนมีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 83.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 และประสิทธิภาพหลังการเรียนโดยคิดคะแนนจากกลุ่มนักศึกษาตัวอย่างที่ได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 91.96 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80

5. สรุปและอภิปรายผล

การหาประสิทธิภาพโครงการสอนวิชาวิศวกรรมส่องสว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก พุทธศักราช 2565 ผู้จัดทำโครงการได้จัดทำใบเนื้อหา แผนการสอน แบบฝึกหัดหลังเรียน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสื่อประกอบการสอนด้วยโปรแกรม Canva โดยที่เอกสารประกอบการสอนประกอบไปด้วย ใบเนื้อหา 8 หน่วยคือ 1) ธรรมชาติของแสงสว่าง 2) หน่วยและการวัดแสงสว่าง 3) หน่วยและการวัดแสงสว่าง 4) ดวงโคมและการเลือกใช้ 5) การออกแบบและคำนวณแสงสว่างภายในอาคาร 6) การออกแบบและคำนวณแสงสว่างภายนอกอาคาร 7) ไฟถนนและดวงโคมไฟฉาย 8) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแสงสว่างและแผนการสอนทั้งหมด 17 สัปดาห์ โดยสื่อที่นำเสนอด้วยโปรแกรม Canva ซึ่งผลการประเมินแสดง ในตารางที่ 4.1 สามารถสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพโครงการสอนระดับคะแนน 4.22 อยู่ในเกณฑ์ที่ ดี และประสิทธิภาพประสิทธิภาพทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนมีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 83.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 และประสิทธิภาพหลังการเรียนมีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 91.96 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t=9.312, p<0.001$) เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

6. กิตติกรรมประกาศ

มหาวิทยลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

7. เอกสารอ้างอิง

กิดานันท์ มลิทอง (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรสิทธิ์ แสนทอน (2553).*เอกสารประกอบการสอนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดผล*. ตาก: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก.

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553). *หลักการสอน*. (ฉบับปรับปรุง พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ชนาธิป พรกุล (2553). *การออกแบบการสอน การบูรณาการ การอ่าน การคิดวิเคราะห์และการเขียน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย (2558). *วิธีสอนทั่วไป*. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศุลี บรรณจงจิต (2563). *วิศวกรรมการส่องสว่าง*. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ผลของการพัฒนาวิชาชีพครูด้านทักษะการอำนวยการเรียนรู้ผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการในพื้นที่โรงเรียนเขตภาคเหนือตอนล่าง

นันทวุฒิ นิยมวงษ์ วิไลลักษณ์ โคมพันธุ์ และปนัดดา สิทธิเขตรกรณ์*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
398 หมู่ 9 ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

*panadda.sit@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาวิชาชีพครูด้านทักษะการอำนวยการเรียนรู้ผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการในโรงเรียนเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยใช้รูปแบบการวิจัยก่อน–หลังแบบกลุ่มเดียว กลุ่มตัวอย่างเป็นครูผู้สอนกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 85 คน เครื่องมือวิจัยคือแบบทดสอบวัดทักษะการอำนวยการเรียนรู้ 20 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ การตั้งคำถาม การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ และการสร้างแรงบันดาลใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังการอบรม ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.48) สูงกว่าก่อนการอบรม ($\bar{x}$ = 4.14, S.D. = 0.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 4.46$, $p < .001$) โดยทุกด้านมีพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญ และด้านการสร้างแรงบันดาลใจมีการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุด ($t = 4.76$, $p < .001$) สะท้อนว่าการอบรมเชิงปฏิบัติการสามารถยกระดับทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ ผู้อำนวยการเรียนรู้ การพัฒนาวิชาชีพครู การอบรมเชิงปฏิบัติการ

The Effects of Teacher Professional Development on Learning Facilitation Skills Through Workshops in Schools within the Lower Northern Region

Nanthavut Niyomvong, Wilailuck Khompun and Panadda Sittiketkorn*

Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University,

398 Moo 9, Nakhon Sawan Tok, Mueang, Nakhon Sawan 60000

*panadda.sit@nsru.ac.th

Abstract

This study aimed to examine the effects of a professional development workshop on teachers' learning facilitation skills in schools located in the lower northern region of Thailand. A one-group pretest–posttest research design was employed. The participants consisted of 85 teachers from the science, mathematics, and technology learning. The research instrument was a 20-item learning facilitation skills assessment covering four dimensions: questioning to promote learning, creating learning environments, formative assessment and feedback, and inspiring student learning. Data were analyzed using descriptive statistics and paired-samples t-test.

The results indicated that the teachers' mean learning facilitation skill score after the workshop ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.48) was significantly higher than before the workshop ($\bar{x}$ = 4.14, S.D. = 0.50) at the .05 significance level ($t = 4.46$, $p < .001$). Significant improvements were observed across all four dimensions, with the greatest improvement found in the dimension of inspiring student learning ($t = 4.76$, $p < .001$). These findings suggest that the workshop effectively enhanced teachers' learning facilitation skills and demonstrates its potential for science teacher professional development.

Keywords: Learning Facilitator, Teacher Professional Development, Workshop

1. บทนำ

บริบทของการศึกษาศตวรรษที่ 21 บทบาทของครูได้เปลี่ยนจาก “ผู้ถ่ายทอดความรู้” (knowledge transmitter) ไปสู่ “ผู้อำนวยการเรียนรู้” (learning facilitator) ซึ่งเน้นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Hattie, 2009; OECD, 2019) แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ (constructivism) ที่มองว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและบริบททางสังคม (Vygotsky, 1978)

งานวิจัยเชิงประจักษ์ในช่วงที่ผ่านมาได้ยืนยันถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) โดยเฉพาะในสาขาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและลดอัตราการล้มเหลวของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนแบบบรรยาย (lecture-based instruction) (Freeman et al., 2014) อย่างไรก็ตาม การนำแนวคิดดังกล่าวไปใช้ในห้องเรียนจริงยังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากครูจำนวนมากยังขาดทักษะสำคัญที่จำเป็นต่อการเป็นผู้อำนวยการเรียนรู้หรือ facilitator เช่น การตั้งคำถามเชิงลึก การจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วม และการให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาวิชาชีพครูในรูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการ (workshop-based professional development) จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างทักษะดังกล่าว โดยเน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ (experiential learning) การมีส่วนร่วมของผู้เข้าอบรม และการสะท้อนคิด (reflection) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนอย่างยั่งยืน (Kolb, 1984)

ในบริบทของการพัฒนาครูให้เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ ทักษะที่สำคัญสามารถจำแนกได้เป็น 4 มิติหลัก ได้แก่ (1) ทักษะการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้เชิงลึก (2) การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการแลกเปลี่ยนความคิด (3) การประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง และ (4) การกระตุ้นและเสริมสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ ซึ่งช่วยส่งเสริมความต่อเนื่องของกระบวนการเรียนรู้ (Black & Wiliam, 1998; Chin, 2007)

แม้ว่างานวิจัยจำนวนมากจะสนับสนุนรูปผลการพัฒนาครูในรูปแบบต่าง ๆ แต่การศึกษาในบริบทพื้นที่ (area-based context) ยังมีจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ซึ่งมีความหลากหลายด้านบริบทโรงเรียนรวมทั้งทรัพยากรที่จำกัด ดังนั้น การศึกษาผลของการอบรมครูในบริบทจริงจึงมีความสำคัญต่อการสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมในเชิงพื้นที่ จากเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพัฒนาวิชาชีพครูผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการต่อทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครู โดยใช้การออกแบบการศึกษาแบบก่อน–หลัง เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของทักษะใน 4 มิติ ได้แก่ การตั้งคำถาม การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การประเมินระหว่างเรียน และการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ คาดหวังว่าผลการวิจัยครั้งนี้จะมีศักยภาพในการสนับสนุนการพัฒนานโยบาย

และแนวทางการพัฒนาครูในระดับพื้นที่ ตลอดจนเป็นฐานข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ในบริบทการศึกษาของประเทศไทยในระยะต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูหลังการเข้าร่วมการพัฒนาวิชาชีพแบบอบรมเชิงปฏิบัติการ

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูระหว่างก่อนและหลังการอบรมในรายด้าน ได้แก่

(1) ทักษะการตั้งคำถาม

(2) ทักษะการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

(3) ทักษะการประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ

(4) ทักษะการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

ขอบเขตการวิจัย

1) ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในโรงเรียนเขตภาคเหนือตอนล่าง ได้แก่นครสวรรค์ อุทัยธานี และชัยนาท 2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครูผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรพัฒนาศักยภาพครูสู่บทบาทผู้อำนวยการเรียนรู้ (facilitator) จำนวน 85 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

ตัวแปร

ตัวแปรอิสระ (independent Variable)

• การพัฒนาวิชาชีพครูแบบอบรมเชิงปฏิบัติการ (workshop-based professional development)

ตัวแปรตาม (dependent variables)

• ทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครู ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่

1. ทักษะการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้
2. ทักษะการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้
3. ทักษะการประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ
4. ทักษะการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

ระยะเวลา: การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2569 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งจัดขึ้นในวันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2569

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การพัฒนาครูให้สามารถทำหน้าที่เป็น “ผู้อำนวยการเรียนรู้” (learning facilitator) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในวงการวิจัยทางการศึกษา โดยเฉพาะในบริบทของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง การมีส่วนร่วมของผู้เรียน และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (OECD, 2019)

ในบริบทของการเรียนการสอนกลุ่ม STEM พบว่างานวิจัยโดย Freeman et al. (2014) ได้ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ซึ่งบทบาทผู้สอนมักเป็นผู้สอนประเภทผู้อำนวยการเรียนรู้นั้น มีผลต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและลดอัตราการสอบไม่ผ่านเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้จะมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนแนวทางดังกล่าว แต่การนำไปใช้ในห้องเรียนจริงยังคงเผชิญข้อจำกัด โดยเฉพาะในด้านทักษะของครูในการออกแบบกิจกรรม การตั้งคำถาม และการจัดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม

งานวิจัยทางการศึกษาหลายชิ้นได้ขยายความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาครูในบทบาท facilitator มากขึ้น โดย Darling-Hammond et al. (2017) พบว่าการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิผลควรเน้นการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) การมีส่วนร่วมของผู้เรียน และการเชื่อมโยงกับบริบทการสอนจริง ขณะเดียวกัน Cordingley et al. (2020) ได้ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาครูที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมีลักษณะเป็นการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและต่อเนื่อง ไม่ใช่เพียงการอบรมระยะสั้น นอกจากนี้งานวิจัยโดย Kraft et al. (2018) ยังคงถูกอ้างอิงจำนวนมากในงานวิจัยหลายชิ้น และพบว่าการพัฒนาวิชาชีพครูมีผลต่อคุณภาพการสอนในระดับปานกลาง แต่ประสิทธิภาพจะแตกต่างกันตามรูปแบบการจัดกิจกรรมและบริบทการนำไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Sims and Fletcher-Wood (2021) ที่เน้นว่าการออกแบบโปรแกรมพัฒนาครูควรคำนึงถึงกลไกการเรียนรู้ของครู (teacher learning mechanisms) เช่น การสะท้อนคิด (reflection) และการทดลองใช้จริง (practice-based learning)

ในด้านทักษะเฉพาะของ facilitator งานของ Chin (2007) ยังคงเป็นรากฐานสำคัญและถูกใช้ในการอธิบายบทบาทของการตั้งคำถามในการกระตุ้นการคิดขั้นสูงในชั้นเรียน ขณะที่ Black and Wiliam (1998) ได้เน้นบทบาทของการประเมินเพื่อพัฒนา (formative assessment) ระหว่างเรียนซึ่งยังคงได้รับการยืนยันในงานวิจัยต่อมาหลายชิ้น เช่น Wiliam (2018) ที่ชี้ว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างมีคุณภาพเป็นหนึ่งในกลไกสำคัญของการเรียนรู้เชิงลึก

อย่างไรก็ตาม แม้งานวิจัยระดับนานาชาติจะมีความก้าวหน้าอย่างมาก แต่ยังคงมีช่องว่างเชิงบริบท (contextual gap) ที่สำคัญ กล่าวคือ งานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการในประเทศพัฒนาแล้ว และมุ่งเน้นการศึกษาระดับระบบหรือการทดลองในบริบทที่มีทรัพยากรสูง เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ ผู้เรียนและผู้สอนมีความพร้อม ในขณะที่การศึกษาเชิงพื้นที่ (area-based study) โดยเฉพาะในบริบทของโรงเรียนในภูมิภาค เช่น ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยยังมีจำนวนจำกัด

นอกจากนี้ ยังพบ ช่องว่างเชิงการออกแบบการวิจัย (design gap) กล่าวคือ งานวิจัยจำนวนมากใช้การออกแบบที่ซับซ้อน เช่น randomized controlled trials หรือ longitudinal studies ซึ่งแม้จะให้หลักฐานเชิงสาเหตุที่เข้มแข็ง แต่ยากต่อการนำไปใช้ในบริบทจริงของการพัฒนาครูในระดับพื้นที่ ดังนั้น การศึกษาแบบก่อน–หลัง (pre–post study) ที่เรียบง่ายในบริบทจริงจึงมีบทบาทสำคัญในการให้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง จากช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาผลของการพัฒนาวิชาชีพครูผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการในบริบทโรงเรียนเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยประเมินการเปลี่ยนแปลงของทักษะการอำนวยการเรียนรู้ใน 4 มิติหลัก ได้แก่ การตั้งคำถาม การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การประเมินระหว่างเรียน และการสร้างแรงบันดาลใจ ซึ่งจะช่วยเติมเต็มองค์ความรู้ในบริบทเชิงพื้นที่ และสนับสนุนการพัฒนาครูในระบบการศึกษาไทยอย่างเป็นรูปธรรม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบวัดผลก่อน–หลังกับกลุ่มเดียว (one-group pretest–posttest design) เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรพัฒนาศักยภาพครูสู่บทบาทผู้อำนวยการเรียนรู้ โดยเนื้อหาที่อบรมได้แก่ 1) การสร้างทักษะการอำนวยการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน 2) การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ 3) การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ 4) การวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ และ 5) การสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

กลุ่มตัวอย่าง

ได้แก่ ครูผู้เข้าร่วมอบรมจำนวน 85 คน ประกอบด้วยครูจากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั่วไป คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ ชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ ซึ่งเข้าร่วมการอบรมเมื่อวันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2569 โดยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive Sampling) เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ 1) เป็นครูหรือบุคลากรทางการศึกษาที่รับผิดชอบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง 2) สมัครใจเข้าร่วมการอบรมและยินยอมให้ข้อมูลเพื่อการวิจัย 3) สามารถเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมได้ตลอดระยะเวลาที่กำหนด และ 4) ตอบแบบวัดก่อนและหลังการอบรมครบถ้วนสมบูรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครู จำนวน 20 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (5-point rating scale) โดยให้ผู้ตอบพิจารณาข้อความแต่ละข้อและเลือกระดับที่ตรงกับการปฏิบัติของตนเองในชั้นเรียนมากที่สุดเพียงคำตอบเดียว ได้แก่ ปฏิบัติมากที่สุด 5 คะแนน

ปฏิบัติมาก 4 คะแนน ปฏิบัติปานกลาง 3 คะแนน ปฏิบัติน้อย 2 คะแนน และปฏิบัติน้อยที่สุด 1 คะแนน แบบวัดผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผู้วิจัยนำแบบวัดที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับครูที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน จากนั้นวิเคราะห์อำนาจจำแนกรายข้อโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมที่ตัดคะแนนข้อนั้นออก (corrected item–total correlation) โดยกำหนดเกณฑ์ยอมรับตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถามทั้ง 20 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.291–0.620 จึงผ่านเกณฑ์ทุกข้อ นอกจากนี้ แบบวัดทั้งฉบับมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.863 บ่งชี้ว่าแบบวัดมีความสอดคล้องภายในและมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดี แบบวัดมีเนื้อหาครอบคลุมทักษะการอำนวยการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ทักษะการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ ข้อ 1–5 ทักษะการสร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นการเรียนรู้ ข้อ 6–10 ทักษะการวัดและประเมินผลระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ ข้อ 11–15 ทักษะการกระตุ้นและเสริมสร้างแรงบันดาลใจเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ข้อ 16–20 แบบวัดมีคะแนนรวมตั้งแต่ 20–100 คะแนน และแต่ละด้านมีคะแนนตั้งแต่ 5–25 คะแนน โดยคะแนนสูงแสดงว่าครูมีทักษะการอำนวยการเรียนรู้อยู่ในระดับสูง การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยให้ผู้เข้าร่วมอบรมตอบแบบวัดก่อนการอบรมและภายหลังสิ้นสุดการอบรม โดยใช้แบบวัดชุดเดียวกัน จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของทักษะทั้งในภาพรวมและรายด้าน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายระดับทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูก่อนและหลังการอบรม และใช้สถิติเชิงอนุมาน (inferential Statistics) ได้แก่ การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการอบรม ทั้งในภาพรวม 4 ทักษะ และรายด้านทั้ง 4 ด้าน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. ผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครู

ผลการวิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบก่อนและหลังการอบรมของครูผู้เข้าร่วมจำนวน 85 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของทักษะการอำนวยการเรียนรู้โดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน (ตารางที่ 1) พบว่า ทักษะทั้ง 4 ด้านมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้งหมด โดยทักษะการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้เพิ่มจาก 4.31 เป็น 4.55 ทักษะการสร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นการเรียนรู้เพิ่มจาก 3.80 เป็น 4.08 ทักษะการวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับเพิ่มจาก 4.19 เป็น 4.44 และทักษะการกระตุ้นและเสริมสร้างแรงบันดาลใจเพิ่มจาก 4.27 เป็น 4.64 โดยทักษะด้านการสร้างแรงบันดาลใจมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด

ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการอบรม โดยใช้สถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังการอบรม ($\bar{x}$ =4.43, S.D.=0.48) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการอบรม ($\bar{x}$ =4.14, S.D.=0.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t=4.46, p<.001) (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าการอบรมเชิงปฏิบัติการสามารถพัฒนาทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูได้อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาเป็นรายทักษะ พบว่า ทักษะการอำนวยการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ทักษะการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ (t=2.65, p=.010) ทักษะการสร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นการเรียนรู้ (t=2.13, p=.036) ทักษะการวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ (t=3.02, p=.003) และทักษะการกระตุ้นและเสริมแรงบันดาลใจ (t=4.76, p<.001) (ตารางที่ 1) โดยทักษะด้านการกระตุ้นและเสริมแรงบันดาลใจมีค่าทางสถิติสูงที่สุด แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทักษะด้านอื่น

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบก่อนและหลังการอบรมของครูผู้เข้าร่วมการอบรม

ทักษะ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$		S.D.		t	Sig.
			ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
สรุปทักษะการอำนวยการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน	85	100	4.14	4.43	0.50	0.48	4.46	.000
การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้	85	25	4.31	4.55	0.66	0.67	2.65	.010
การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้	85	25	3.80	4.08	0.53	1.08	2.13	.036
การวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ	85	25	4.19	4.44	0.73	0.63	3.02	.003
การสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้	85	25	4.27	4.64	0.70	0.51	4.76	.000

2. การเปลี่ยนแปลงตามกลุ่มสาระการเรียนรู้

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ พบว่า ครูในทุกกลุ่มสาระมีคะแนนหลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรมทั้งหมด โดยครูกลุ่มสาระฟิสิกส์มีการเพิ่มขึ้นของคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด จาก 3.75 เป็น 4.60 รองลงมาคือกลุ่มคอมพิวเตอร์ จาก 3.97 เป็น 4.40 และกลุ่มคณิตศาสตร์ จาก 4.09 เป็น 4.51 ขณะที่กลุ่มเคมีและชีววิทยามีคะแนนเฉลี่ยหลังการอบรมอยู่ในระดับสูง (4.80 และ 4.51 ตามลำดับ)

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ของครูที่เข้าอบรมระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มสาระการเรียนรู้	วิทยาศาสตร์ทั่วไป	คณิตศาสตร์	คอมพิวเตอร์	ชีววิทยา	เคมี	ฟิสิกส์
ก่อนเรียน	4.18	4.09	3.97	4.32	4.45	3.75
หลังเรียน	4.37	4.51	4.40	4.51	4.80	4.60

3. การวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลของการอบรม (effect Size Analysis)

นอกเหนือจากการทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติ *t*-test แล้ว ผู้วิจัยได้ประเมินขนาดอิทธิพล (effect size) ของการอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้ค่า Cohen's d เพื่อพิจารณาความสำคัญเชิงปฏิบัติ (practical significance) ของผลการวิจัย ผลการวิเคราะห์พบว่า การอบรมส่งผลให้ทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูเพิ่มขึ้นในระดับตั้งแต่ ขนาดเล็ก (small effect) จนถึง ขนาดปานกลาง (medium effect)

โดยภาพรวมของทักษะการอำนวยการเรียนรู้มีค่า Cohen's *d* เท่ากับ 0.48 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการอบรมมีผลต่อการพัฒนาทักษะของครูในระดับที่มีความหมายในทางปฏิบัติ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทักษะการกระตุ้นและเสริมสร้างแรงบันดาลใจเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีขนาดอิทธิพลสูงที่สุด (*d* = 0.52) รองลงมาคือ ทักษะการวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ (*d* = 0.33) และ ทักษะการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ (*d* = 0.29) ส่วน ทักษะการสร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นการเรียนรู้ มีขนาดอิทธิพลต่ำที่สุด (*d* = 0.23) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขนาดอิทธิพล (effect Size) ของการพัฒนาทักษะการอำนวยการเรียนรู้

ทักษะ	t	Cohen's d	ระดับของ Effect Size
การอำนวยการเรียนรู้โดยรวม	4.46	0.48	ปานกลาง
การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้	2.65	0.29	เล็ก
การสร้างสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นการเรียนรู้	2.13	0.23	เล็ก
การวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ	3.02	0.33	เล็ก–ปานกลาง
การสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้	4.76	0.52	ปานกลาง

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้ว่าทุกด้านจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับผลกระทบของการอบรมมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะด้านการสร้างแรงบันดาลใจซึ่งได้รับผลจากการอบรมมากที่สุด

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาวิชาชีพครูผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการสามารถยกระดับทักษะการอำนวยการเรียนรู้ของครูได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในภาพรวมและรายด้าน โดยคะแนนเฉลี่ยหลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .001$) สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการอบรมที่เน้นการมีส่วนร่วมและการลงมือปฏิบัติสามารถส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพของครูได้อย่างเป็นรูปธรรม ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานของ Ventista and Brown (2023) ซึ่งพบว่า การพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิผลควรประกอบด้วยการฝึกอบรม การเรียนรู้ร่วมกัน และการสนับสนุนหรือการโค้ชอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับการปฏิบัติงานจริงของครู

เมื่อพิจารณาเป็นรายทักษะ พบว่า ทักษะทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การตั้งคำถาม การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับ และการสร้างแรงบันดาลใจ มีการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกัน โดยเฉพาะทักษะด้านการกระตุ้นและเสริมสร้างแรงบันดาลใจที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าครูสามารถปรับบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่การเป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ได้ชัดเจนมากขึ้น สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาวิชาชีพครูในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียน การบูรณาการความรู้ทางทฤษฎีกับประสบการณ์ และการสร้างพลังอำนาจในการตัดสินใจทางวิชาชีพให้แก่ครู (Mandelid et al., 2024)

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ซึ่งมีหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Freeman et al., 2014) การที่ครูมีทักษะ facilitator เพิ่มขึ้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการนำการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ไปใช้ในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านทักษะการตั้งคำถาม ผลการวิจัยสนับสนุนข้อค้นพบของ Chin (2007) ที่ชี้ว่าการตั้งคำถามเชิงคุณภาพมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ขณะที่การพัฒนาด้านการประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับสอดคล้องกับแนวคิดของ Black and Wiliam (1998) ที่ระบุว่าการประเมินเพื่อพัฒนาช่วยยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยการฝึกปฏิบัติและการเชื่อมโยงเนื้อหาการอบรมกับบริบทการสอนจริงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนา (Ma et al., 2025)

นอกจากนี้ การที่ทักษะด้านแรงบันดาลใจมีการเปลี่ยนแปลงสูง อาจอธิบายได้จากลักษณะของการอบรมที่เน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ (experiential learning) และการสะท้อนคิด ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครู (Kolb, 1984) แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับงานพัฒนาวิชาชีพครูในสถานศึกษายุคใหม่ของ Mandelid et al. (2024) เช่นกัน ที่ให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาการเข้ากับประสบการณ์ของครูเพื่อการเปลี่ยนแปลงความคิดในการสอน

เมื่อพิจารณาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ พบว่าครูทุกกลุ่มมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน โดยเฉพาะกลุ่มฟิสิกส์และคอมพิวเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเด่นชัด อาจสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะ facilitator ในกลุ่มวิชาที่มีเนื้อหาซับซ้อนและต้องการการคิดวิเคราะห์สูง

ผลการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล (effect size) แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าทักษะการอำนวยการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้านจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการอบรม แต่ระดับผลกระทบของการอบรมมีความแตกต่างกันในแต่ละทักษะ โดยภาพรวมของการพัฒนาทักษะการอำนวยการเรียนรู้มีค่า Cohen's *d* เท่ากับ 0.48 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนว่าการอบรมเชิงปฏิบัติการมีผลต่อการยกระดับสมรรถนะของครูในระดับที่มีความหมายเชิงปฏิบัติ ไม่ได้เป็นเพียงความแตกต่างที่เกิดจากการทดสอบทางสถิติเท่านั้น เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าทักษะการกระตุ้นและเสริมสร้างแรงบันดาลใจเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องมีขนาดอิทธิพลสูงที่สุด (d = 0.52) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการอบรมสามารถพัฒนาบทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน ขณะที่ทักษะการวัดประเมินระหว่างเรียนและการให้ข้อมูลย้อนกลับมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับเล็กถึงปานกลาง (d = 0.33) ส่วนทักษะการตั้งคำถามและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้มีขนาดอิทธิพลในระดับเล็ก (d = 0.29 และ 0.23 ตามลำดับ) ซึ่งอาจสะท้อนว่าครูผู้เข้าร่วมอบรมมีพื้นฐานของทักษะดังกล่าวอยู่ในระดับค่อนข้างดีตั้งแต่ก่อนการอบรม ทำให้มีโอกาสพัฒนาเพิ่มขึ้นในระดับจำกัด หรืออาจต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติและการนิเทศติดตามอย่างต่อเนื่องจึงจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดยิ่งขึ้น ดังนั้น การพัฒนาวิชาชีพครูในอนาคตควรออกแบบกิจกรรมที่เน้นการฝึกปฏิบัติจริง การสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflection) และการโค้ชอย่างต่อเนื่อง เพื่อเสริมสร้างทักษะการอำนวยการเรียนรู้ในทุกมิติให้เกิดผลในระยะยาว

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยร่วมสมัยที่ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิผลควรเน้นการมีส่วนร่วมเชิงรุก การฝึกปฏิบัติจริง และการสะท้อนคิด ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครู (Darling-Hammond et al., 2017; Sims & Fletcher-Wood, 2021) ขณะเดียวกัน งานวิจัยเชิงอภิมานยังยืนยันว่าการพัฒนาครูสามารถส่งผลต่อคุณภาพการสอนได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและบริบทของการดำเนินการ (Kraft et al., 2018)

ในบริบทของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก บทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยการเรียนรู้ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดประสิทธิผลของการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะในสาขา STEM ซึ่งต้องอาศัยการมีส่วนร่วมและการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง (Lombardi et al., 2021) ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาทักษะ facilitator ของครูในฐานะกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัด (limitation) ในด้านแบบแผนการวิจัย เนื่องจากเป็นการศึกษาแบบกลุ่มเดียวก่อน–หลัง ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุม จึงอาจไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งการศึกษาดำเนินการในบริบทพื้นที่เฉพาะ (ภาคเหนือตอนล่าง) จึงควรใช้ความระมัดระวังในการขยายผลไปยังบริบทอื่น โดยสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการในลักษณะนี้เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทักษะการ

อำนวยการเรียนรู้ของครู และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ในบริบทการศึกษาจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สำหรับงบประมาณของโครงการ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสรรค์ในการสนับสนุนการจัดกิจกรรม

7. เอกสารอ้างอิง

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education, 5*(1), 7–74. doi:10.1080/0969595980050102

Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(6), 815–843. doi:10.1002/tea.20171

Cordingley, P., Cordingley, P., Higgins, S., Greany, T., Buckler, N., Coles-Jordan, D., Crisp, B., Saunders, L., & Coe, R. (2020). *Developing great teaching: Lessons from the international reviews into effective professional development. London: Education Policy Institute*. Retrieved 24 May 2026 from https://chartered.college/wp-content/uploads/2026/03/DGT-Full-report.pdf

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). Effective teacher professional development. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute. Retrieved 24 May 2026 from https://learningpolicyinstitute.org/sites/default/files/productfiles/Effective_Teacher_Professional_Development_REPORT.pdf

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. doi:10.1073/pnas.1319030111

Hattie, J. (2009). Visible learning. London: Routledge. Retrieved 24 May 2026 from https://inspirasifoundation.org/wp-content/uploads/2020/05/John-Hattie-Visible-Learning_-A-synthesis-of-over-800-meta-analyses-relating-to-achievement-2008.pdf

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. Retrieved 24 May 2026 from https://www. researchgate.net/publication/235701029_Experiential_

Learning_Experience_As_The _Source Of_Learning_And_Development.

Kraft, M. A., Blazar, D., & Hogan, D. (2018). The effect of teacher coaching on instruction and achievement: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 88*(4), 547–588. https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0034654318759268

Lombardi, D., Shipley, T. F., Astronomy Team, Biology Team, Chemistry Team, Engineering Team, Geography Team, Geoscience Team, & Physics Team. (2021). The curious construct of active learning. *Psychological Science in the Public Interest, 22*(1), 8–43. doi:10.1177/1529100620973974

Ma, H., Dong, Y., Jing, B., Zeng, Y., & Sun, J. (2025). Effectiveness of in-service computer science teachers' professional development in K–12 education: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education, 12*(29), 1-17 doi:10.1186/s40594-025-00548-0

Mandelid, M. B., Dyngeland, E. S., Teslo, S., Lerum, Ø., Tjomsland, H. E., Jenssen, E. S., Eriksen, P. B., Wergeland, T. C., Sandal, M. Ø., Stein, H., Schjerven, H., Stokke, R., Engelsen, K. S., Andersen, S. A., Trautner, N., & Resaland, G. K. (2024). Workplace-based continuing professional development program for physically active learning: Designing a framework and prospective directions. *Frontiers in Education, 9*, 1-9. doi:10.3389/feduc.2024.1407542

OECD. (2019). Future of education and skills 2030. Paris: OECD. Retrieved 24 May 2026 from https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html

Sims, S., & Fletcher-Wood, H. (2021). Identifying the characteristics of effective teacher professional development. *School Effectiveness and School Improvement, 32*(1), 47–63. doi:10.1080/09243453.2020.1772841

Ventista, O. M., & Brown, C. (2023). Teachers' professional learning and its impact on students' learning outcomes: Findings from a systematic review. *Social Sciences & Humanities Open, 8*(1), Article 100565. doi:10.1016/j.ssaho.2023.100565

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society. Cambridge, MA: Harvard University Press. Retrieved 24 May 2026 from https://home.fau.edu/musgrove/web/vygotsky1978.pdf

Wiliam, D. (2018). Embedded formative assessment. Bloomington, IN: Solution Tree Press. Retrieved 24 May 2026 from https://cloudfront- s3.solutiontree.com/pdfs/ Reproducibles EFA/The-Main-Idea-Embedded-Formative-Assessment-March-2013.pdf

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

นรเศรษฐ์ เตชะ [1*]
[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300
*noraseth@rmutl.ac.th, 089-9505844

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ และ (2) ประเมินระดับการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษาผ่านการเขียนอนุทินชีวิต การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา GEBIN703 ศิลปะการใช้ชีวิต ประจำปีการศึกษา 2568 จำนวน 280 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด จำนวน 3 แผน แบบบันทึกการเขียนอนุทินชีวิต และแบบประเมินการตระหนักรู้ในตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า (1) สามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการสะท้อนคิดของ Gibbs ได้จำนวน 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 อนุทินชีวิต : เขียนนิดผิดหน่อยไม่เป็นไร กิจกรรมที่ 2 อนุทินชีวิต : เขียนมากรู้ตนมาก และกิจกรรมที่ 3 อนุทินชีวิต : เขียนส่งท้ายแต่ไม่สุดท้าย และ (2) นักศึกษามีระดับการตระหนักรู้ในตนเองโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 โดยด้านการประเมินตนเองอย่างถูกต้องมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

คำสำคัญ การเรียนรู้แบบสะท้อนคิด, อนุทินชีวิต, การตระหนักรู้ในตนเอง

Development of Reflective Learning Activities through Life Journal Writing to Promote Self-awareness among Students at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai

Noraseth Thecha [1*]

[1] Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*noraseth@rmutl.ac.th, 089-9505844

Abstract

This research aimed to: (1) develop reflective learning activities through life journal writing to promote self-awareness among students at Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai; and (2) evaluate students' levels of self-awareness through life journal writing. This study employed an experimental research design. The population consisted of 280 undergraduate students enrolled in the GEBIN703 Art of Living course during the 2025 academic year. The research instruments included three reflective learning activity plans, a life journal writing form, and a self-awareness assessment form. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, and standard deviation. The findings revealed that: (1) three reflective learning activities based on Gibbs' Reflective Cycle were successfully developed, namely Activity 1: Life Journal – A Little Writing, Mistakes Are Okay; Activity 2: Life Journal – The More You Write, the More You Know Yourself; and Activity 3: Life Journal – The Final Entry, but Not the End; and (2) the students' overall self-awareness was at a good level, with a mean score of 4.20 and a standard deviation of 0.61. Among the three dimensions of self-awareness, accurate self-assessment received the highest mean score.

Keywords: Reflective Learning, Life Journal, Self-awareness

1. บทนำ

ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี และวิถีการดำรงชีวิต อันเป็นผลมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัล การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) การเชื่อมโยงข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการสื่อสารผ่านเครือข่ายดิจิทัลที่ไร้พรมแดน ส่งผลให้รูปแบบการทำงาน การเรียนรู้ และการใช้ชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้สมรรถนะของกำลังคนในอนาคตไม่ได้จำกัดอยู่เพียงความรู้ทางวิชาการหรือทักษะเฉพาะด้าน Hard Skills เท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับทักษะแห่งอนาคต (Future Skills) และทักษะเชิงมนุษย์ (Soft Skills) ที่ช่วยให้บุคคลสามารถคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา สื่อสาร ทำงานร่วมกับผู้อื่น (OECD, 2019, pp. 48–54) ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง และเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (Lifelong Learning) ทั้งนี้ บทบาทของมหาวิทยาลัยในปัจจุบันมิใช่เพียงการผลิต "คนเก่ง" ที่มีความรู้ทางวิชาการเท่านั้น หากแต่ต้องผลิต "คนที่รู้จักตนเอง" (Self-aware Learners) ซึ่งสามารถใช้ความรู้ควบคู่กับการตระหนักรู้ในตนเองเพื่อพัฒนาศักยภาพอย่างสมดุล พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของโลกในอนาคต (UNESCO,2025)

สมรรถนะสำคัญของพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญคือ การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของแนวคิดความฉลาดทางอารมณ์ (Emotional Intelligence) และเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ ที่มีต่อพฤติกรรมของตนเองได้อย่างเหมาะสม โดยมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1. การตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง (Emotional Self-awareness) 2.การประเมินตนเองอย่างถูกต้อง (Accurate Self-assessment) 3. ความเชื่อมั่นในตนเอง (Self-confidence) (Ott, C, 2026) นอกจากนี้ การตระหนักรู้ในตนเองเป็นสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงานในโลกปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นการกำกับตนเอง (Self-regulation) แรงจูงใจภายใน (Motivation) ความเข้าอกเข้าใจผู้อื่น (Empathy) และทักษะทางสังคม (Social Skills) (Goleman, D. 1995) ยังเป็นพื้นฐานของการกำกับการเรียนรู้ (Self-directed Learning) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ของผู้เรียน ดังนั้นสถาบันอุดมศึกษามีความจำเป็นในการสร้างกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดจากประสบการณ์จริง เพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองในปัจจุบัน จึงมิใช่เพียงทักษะด้านอารมณ์หรือคุณลักษณะส่วนบุคคล หากแต่เป็นสมรรถนะเชิงบูรณาการ (Meta Competency) ที่เป็นรากฐานของการกำกับตนเอง

นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็วท่ามกลางบริบทของโลกยุคดิจิทัลที่มี เทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกมิติ แต่กลับมีโอกาสน้อยในการหยุดทบทวน วิเคราะห์ และทำความเข้าใจประสบการณ์ของตนเองอย่างลึกซึ้งจากบริบทของโลกดิจิทัลโดยเฉพาะความสามารถในการทำความเข้าใจ การตัดสินใจ และการกำหนดทิศทางการพัฒนาตนเองในอนาคต เพราะสถาบันอุดมศึกษายังคงมุ่งเน้นการถ่ายทอดองค์ความรู้ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสำเร็จจากผลการสอบเป็นสำคัญ ส่งผลให้ผู้เรียนจำนวนไม่น้อยให้ความสำคัญกับการเรียนเพื่อให้ได้คะแนนหรือสำเร็จการศึกษา มากกว่าการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจ

เกี่ยวกับตนเองและการนำองค์ความรู้ไปเชื่อมโยงกับประสบการณ์ชีวิต และลดความสำคัญและความใส่ใจตนเอง จากการเขียนอนุทินแบบเดิมทำให้นักศึกษาไม่ได้ตั้งใจที่จะเขียนและไม่สามารถสะท้อนถึงปัญหาในการจัดการอารมณ์และการรับรู้ตนเอง เช่น ไม่สบายใจเพราะทำคะแนนสอบได้น้อย รู้สึกประหม่าเมื่อต้องลุกขึ้นนำเสนอ/รายงานหน้าชั้น เพราะนักศึกษาขาดทักษะในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมใหม่ในสถาบันอุดมศึกษา (ปาริชาติ บัวเจริญและคณะ, 2561)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่มีการจัดการเรียนการสอน รายวิชา GEBIN703 ศิลปะการใช้ชีวิต เป็นรายวิชาศึกษาทั่วไปบังคับ ของกลุ่มวิชาบูรณาการ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการศาสตร์เพื่อเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสังคมไทยและสังคมโลก มีจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อสังคม การต่อต้านทุจริตและคอรัปชั่น ทักษะการคิดเชิงระบบ รู้เท่าทันเทคโนโลยี การใช้ชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นบัณฑิตนักปฏิบัติที่พึงประสงค์ สามารถเรียนรู้และวางแผนชีวิตที่เหมาะสมในสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยมีการพัฒนาผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้หมวดวิชาศึกษาทั่วไปกรอบคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาของประเทศไทย (TQF:HEd) โดยสามารถมีการจัดให้มีการวัดผลแบบมาตรฐานในด้านการพัฒนาจริยธรรม คุณธรรมในทุกภาคการศึกษาเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษามีวินัย ความรับผิดชอบต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อมซึ่งเกี่ยวข้องกับการตระหนักรู้ในตนเองทั้งหมด (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา,2564)

การเรียนรู้แบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) เป็นแนวคิดสำคัญทางการศึกษาที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากการวิเคราะห์และตีความประสบการณ์ของตนเองอย่างมีวิจารณญาณอันเป็นกลไกสำคัญที่นำไปสู่การเกิดการตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) อย่างเป็นระบบประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามวงจรการสะท้อนคิดของ กิฟส์ (Gibbs Reflective Cycle) (Gibbs G, 1988) คือ 1. การบรรยายเหตุการณ์ (Description) 2. ความรู้สึก (Feelings) 3. การประเมิน (Evaluation) 4. การวิเคราะห์ (Analysis) 5. การสรุปบทเรียน (Conclusion) และ 6. การวางแผนเพื่อการปฏิบัติในอนาคต (Action Plan) จะให้ความสำคัญกับ ผู้เรียนที่สามารถสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบจะเข้าใจความคิด ความรู้สึก ค่านิยม จุดแข็ง ข้อจำกัด และศักยภาพของตนเองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานของการกำกับตนเอง การคิดเชิงวิพากษ์ การตัดสินใจ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ด้วยความสำคัญข้างต้นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสะท้อนคิด (Reflection) จะเป็นกลไกสำคัญในการสร้างการเรียนรู้เชิงลึกของผู้เรียน แต่ในปัจจุบันกลับไม่ได้รับการส่งเสริมอย่างเป็นระบบในหลายบริบทของการจัดการเรียนการสอน ผลที่ตามมาเมื่อผู้เรียนขาดโอกาสในการสะท้อนคิดจากประสบการณ์ของตนเอง ย่อมส่งผลต่อการตระหนักรู้ในตนเอง

เครื่องมือทางการเรียนรู้ที่สำคัญ ที่มุ่งให้ผู้เรียนสร้างความหมายจากประสบการณ์ผ่านการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ การตีความ และการเชื่อมโยงประสบการณ์กับองค์ความรู้และบริบทของชีวิตผ่านการสะท้อนคิด (Reflective Learning Tool) คือ การเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) เป็นเครื่องมือที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทบทวนประสบการณ์ วิเคราะห์ความคิด ความรู้สึก และพฤติกรรมของตนเองอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อคำถามและกรอบความคิดที่สอดคล้องกับการตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) เกิดขึ้นผ่านกระบวนการ

ต่อเนื่อง ดังนี้ 1. รับรู้อารมณ์ (Sense the Emotion) 2. ยอมรับว่าตนเองกำลังรู้สึกเช่นนั้น (Acknowledge the Feeling)
3. ค้นหาข้อเท็จจริงเพิ่มเติม (Identify More Facts) 4. ยอมรับอารมณ์ที่เกิดขึ้น (Accept the Feeling)
5. สะท้อนคิดถึงสาเหตุของอารมณ์ (Reflect on Why the Emotion Is Showing Up)
6. ลงมือปฏิบัติ (Act) 7. สะท้อนผลของการตอบสนอง (Reflect on the Usefulness of the Response) (Hughes, M., & Terrell, J. B. ,2007) ทั้งนี้ ซึ่งสาระสำคัญของการเขียนอนุทินชีวิตอยู่ที่การเปลี่ยนประสบการณ์ (Experience) ให้เป็นการเรียนรู้ (Learning) ผ่านกระบวนการสะท้อนคิด (Reflection) โดยผู้เรียนจะย้อนทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น พิจารณาความคิด ความรู้สึก และการตัดสินใจของตนเอง

ด้วยเหตุนี้เพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทบทวน วิเคราะห์ และตีความประสบการณ์ของตนเองอย่างมีเหตุผล นำไปสู่การสร้างความหมายจากประสบการณ์ การตระหนักรู้ในตนเอง การกำกับตนเอง และการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง อันเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) เพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษา ซึ่งคาดว่าจะเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่สามารถประยุกต์ใช้ในระดับอุดมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

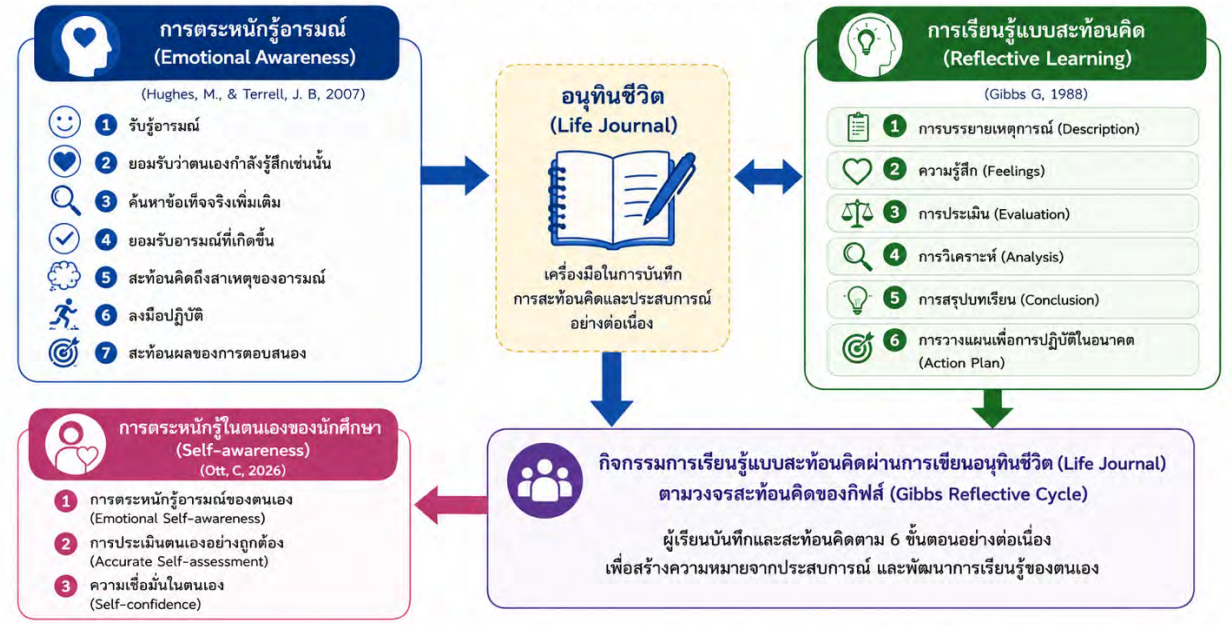
โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ

1.1 เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

1.2 เพื่อประเมินระดับการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ผ่านการเขียนอนุทินชีวิต

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ได้ยึดแนวคิดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) ตามแนวคิดของ กิฟส์ (Gibbs G, 1988) องค์ประกอบของอนุทินตามแนวคิดของคริสทีน (Christine U,2022) และการออกแบบอนุทินชีวิตตามหลักการตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) สู่กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ตามวงจรสะท้อนคิดของกิฟส์ (Gibbs Reflective Cycle) และผลลัพธ์คือการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษา (Self-awareness) ออกมาเป็นกรอบแนวคิดวิจัยดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ เป็นการวิจัยงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยศึกษากับประชากรและจัดการเรียนการสอนแบบแบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตที่มุ่งการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษา

ประชากร

คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา GEBIN703 ศิลปะการใช้ชีวิต ในประจำปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งหมด 280 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการสอนประจำรายวิชาจำนวน 3 แผน คือ

1.1 แผนการสอนที่ 1 : อนุทินชีวิต : เขียนนิดผิดหน่อยไม่เป็นไร 4 ชั่วโมง

1.2 แผนการสอนที่ 2 : อนุทินชีวิต : เขียนมากรู้ตนมาก 4 ชั่วโมง

1.3 แผนการสอนที่ 3 : อนุทินชีวิต : เขียนส่งท้ายแต่ไม่สุดท้าย 4 ชั่วโมง

รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

1.4 นำหลักการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) ตามแนวคิดของแนวคิดของ กิฟส์ (Gibbs G, 1988) จำนวน 6 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1. การบรรยายเหตุการณ์ (Description)

ขั้นตอนที่ 2. ความรู้สึก (Feelings) นำมาใช้ในแผนการสอนที่ 1 ขั้นตอนที่ 3. การประเมิน (Evaluation) ขั้นตอนที่ 4. การวิเคราะห์ (Analysis) นำมาใช้ในแผนการสอนที่ 2 ขั้นตอนที่ 5. การสรุปบทเรียน (Conclusion) และ ขั้นตอนที่ 6. การวางแผนเพื่อการปฏิบัติในอนาคต (Action Plan) นำมาใช้ในแผนการสอนที่ 3

1.5 นำแผนการสอนไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ตลอดจนการดำเนินกิจกรรมเพื่อนำข้อเสนอแนะนั้นมาปรับปรุงแก้ไข โดยหาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด ยึดทฤษฎี (IOC: Index of item Objective Congruence) ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 0.9

2. แบบบันทึกการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) โดยมีข้อคำถามและกรอบความคิดที่สอดคล้องกับการตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) ประกอบไปด้วย 1. รับรู้อารมณ์ (Sense the Emotion) 2. ยอมรับว่าตนเองกำลังรู้สึกเช่นนั้น (Acknowledge the Feeling) 3. ค้นหาข้อเท็จจริงเพิ่มเติม (Identify More Facts) 4. ยอมรับอารมณ์ที่เกิดขึ้น (Accept the Feeling) 5. สะท้อนคิดถึงสาเหตุของอารมณ์ (Reflect on Why the Emotion Is Showing Up) 6. ลงมือปฏิบัติ (Act) 7. สะท้อนผลของการตอบสนอง (Reflect on the Usefulness of the Response) และสอดคล้องการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Learning Outcome) ตามศักยภาพของนักศึกษาสู่การขยายผลการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษา (Self-awareness) โดยหาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด ยึดทฤษฎี (IOC: Index of item Objective Congruence) ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 0.7 และได้วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ซึ่งค่าที่ใช้ได้แก่สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) โดยมีค่าเท่ากับ 0.98 ถือว่ามีความเชื่อมั่นสูงมาก

3. แบบประเมินการตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) โดยมีเกณฑ์ที่ครอบคลุมประเด็นที่ 1. การตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง (Emotional Self-awareness) ประเด็นที่ 2.การประเมินตนเองอย่างถูกต้อง (Accurate Self-assessment) ประเด็นที่ 3. ความเชื่อมั่นในตนเอง (Self-confidence) โดยหาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด ยึดทฤษฎี (IOC: Index of item Objective Congruence) ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 0.7 และได้วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ซึ่งค่าที่ใช้ได้แก่สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.90 ถือว่ามีความเชื่อมั่นสูงมาก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด ตามแผนการสอน จำนวน 3 แผน 12 ชั่วโมง
2. รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ของนักศึกษา
3. ประเมินการตระหนักรู้ในตนเอง ของนักศึกษาจากการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal)
4. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์และแปลผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์การเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ของนักศึกษาโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ และร้อยละ

2. การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) ของนักศึกษาจากการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยไว้ 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาจากผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาของประเทศไทย (Thai Qualifications Framework for Higher Education : TQF) รายวิชา GEBIN703 ศิลปะการใช้ชีวิต และ และได้ใช้อนุทินชีวิต (Life Journal) ที่พัฒนาขึ้นโดยมีข้อคำถามและตามกรอบความคิดที่สอดคล้องกับการตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) และได้พัฒนาแผนการสอนประจำรายวิชาที่ใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) จำนวน 3 แผน รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

แผนการสอนที่ 1 : อนุทินชีวิต : เขียนนิดผิดหน่อยไม่เป็นไร จำนวน 4 ชั่วโมง

- ขั้นตอนที่ 1 การบรรยายเหตุการณ์ (Description) ให้นักศึกษาระลึกถึงเหตุการณ์หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้น โดยครูผู้สอนอธิบายหลักการเขียน Life Journal สร้างบรรยากาศที่ปลอดภัย และกระตุ้นให้นักศึกษาเลือกเหตุการณ์ที่มีความหมาย โดยใช้ตัวอย่างคำถาม เช่น วันนี้เกิดอะไรขึ้นกับคุณ เหตุการณ์ใดทำให้คุณประทับใจ คุณมีบทบาทอะไร

- ขั้นตอนที่ 2 ความรู้สึก (Feelings) เป็นการกระตุ้นการตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง (Emotional Self-awareness) โดยครูผู้สอนตั้งคำถามเกี่ยวกับอารมณ์ และให้นักศึกษาสะท้อนรู้สึกพร้อมบอกเหตุผล ตัวอย่างคำถามเช่น ตอนนั้นคุณรู้สึกอะไร อะไรทำให้เกิดอารมณ์นั้น และความรู้สึกเปลี่ยนแปลงหรือไม่

แผนการสอนที่ 2 : อนุทินชีวิต : เขียนมากรู้ตนมาก จำนวน 4 ชั่วโมง

- ขั้นตอนที่ 3 การประเมิน (Evaluation) ให้นักศึกษาประเมินสิ่งที่เกิดขึ้น โดยครูผู้สอนกระตุ้น การคิดเชิงวิพากษ์ให้นักศึกษาประเมินว่าสิ่งใดดีสิ่งใดควรปรับปรุง ตัวอย่างคำถาม เช่น สิ่งใดที่คุณทำได้ดี สิ่งใดควรเปลี่ยนแปลง และเพราะเหตุใด

- ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ (Analysis) ให้นักศึกษาสร้างความหมายจากประสบการณ์ โดยผู้สอน

เชื่อมโยงทฤษฎีกับประสบการณ์ ส่วนนักศึกษาวิเคราะห์ สาเหตุ ผลกระทบ ปัจจัย ของประสบการณ์นั้น ตัวอย่างคำถาม เช่น เหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์นี้ อะไรคือสาเหตุ และคุณเรียนรู้อะไร

แผนการสอนที่ 3 : อนุทินชีวิต : เขียนส่งท้ายแต่ไม่สุดท้าย จำนวน 4 ชั่วโมง

- ขั้นตอนที่ 5 การสรุปบทเรียน (Conclusion) ให้นักศึกษาเกิดความตระหนักรู้ในตนเอง โดยผู้สอนชี้นำให้เห็นจุดแข็ง จุดที่ควรพัฒนา ให้นักศึกษา สรุปว่าได้เรียนรู้อะไร ค้นพบอะไรเกี่ยวกับตนเอง ตัวอย่างคำถาม เช่น คุณค้นพบอะไรเกี่ยวกับตนเอง จุดแข็งของคุณคืออะไร สิ่งที่ต้องพัฒนาคืออะไร

- ขั้นตอนที่ 6 การวางแผนเพื่อการปฏิบัติในอนาคต (Action Plan) ให้นักศึกษาพัฒนาความมั่นใจในตนเอง โดยผู้สอนช่วยชี้แนวทางให้นักศึกษาสามารถกำหนดแผนพัฒนาตนเอง ตัวอย่างคำถาม เช่น ครั้งหน้าคุณจะทำอย่างไร คุณจะพัฒนาตนเองด้านใด คุณตั้งเป้าหมายอะไร

ตอนที่ 2 การประเมินระดับการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ผ่านการเขียนอนุทินชีวิต ซึ่งมีรายละเอียดประกอบไปด้วย

2.1 ผลการวิเคราะห์การเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ จำนวน 280 คน พบว่าเป้าหมายการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) นักศึกษาได้ตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) มากที่สุดคือ ยอมรับอารมณ์ที่เกิดขึ้น คิดร้อยละ 22.86 ของนักศึกษาจำนวน 64 คน ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าความถี่และร้อยละจากการวิเคราะห์เป้าหมายการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ตามหลักการตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) ของนักศึกษา

ที่	การตระหนักรู้ทางอารมณ์	ความถี่	ร้อยละ
1	รับรู้อารมณ์	40	14.26
2	ยอมรับว่าตนเองกำลังรู้สึกเช่นนั้น	45	16.07
3	ค้นหาข้อเท็จจริงเพิ่มเติม	48	17.16
4	ยอมรับอารมณ์ที่เกิดขึ้น	64	22.86
5	สะท้อนคิดถึงสาเหตุของอารมณ์	43	15.36
6	ลงมือปฏิบัติ	25	8.93
7	สะท้อนผลของการตอบสนอง	15	5.36
	รวม	**280**	**100**

2.2 ระดับการตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ จำนวน 280 คน รวมเฉลี่ยอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงที่สุดคือนักศึกษามีการประเมินตนเองอย่างถูกต้อง ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) ของนักศึกษา

รายการการประเมิน	μ	σ	ระดับทักษะ
1. การตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง	4.20	0.84	ดี
2. การประเมินตนเองอย่างถูกต้อง	4.60	0.55	ดีเยี่ยม
3. ความเชื่อมั่นในตนเอง	3.80	0.45	ดี
รวม	**4.20**	**0.61**	**ดี**

5. สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การพัฒนากิจกรรมประกอบการสอนประจำรายวิชาที่ใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย แผนการสอนที่ 1 : อนุทินชีวิต : เขียนนิดผิดหน่อยไม่เป็นไร จำนวน 4 ชั่วโมง แผนการสอนที่ 2 : อนุทินชีวิต : เขียนมากรู้ตนมาก จำนวน 4 ชั่วโมง และแผนการสอนที่ 3 : อนุทินชีวิต : เขียนส่งท้ายแต่ไม่สุดท้าย จำนวน 4 ชั่วโมง

2. การประเมินระดับการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ผ่านการเขียนอนุทินชีวิต พบว่า นักศึกษามีค่าเฉลี่ยการตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) เท่ากับ 4.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61 ซึ่งอยู่เกณฑ์ในระดับดี โดยเป้าหมายการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) ของนักศึกษาคือ ยอมรับอารมณ์ที่เกิดขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิตเพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ ดังนี้

ประเด็นที่ 1 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิต

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านการเขียนอนุทินชีวิต ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง โดยประยุกต์ใช้วงจรการสะท้อนคิดของ Gibbs ทั้ง 6 ขั้นตอน สามารถออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการทบทวน วิเคราะห์ และสร้างความหมายจากประสบการณ์ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเขียนอนุทินชีวิตเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เชื่อมโยงประสบการณ์จริงกับองค์ความรู้ทางทฤษฎี พร้อมทั้งสะท้อนความคิด ความรู้สึก และแนวทางการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การเรียนรู้เกิดขึ้นจากประสบการณ์ของผู้เรียนโดยตรงมากกว่าการรับความรู้จากผู้สอนเพียงฝ่ายเดียวผลการวิจัยดังกล่าว

สอดคล้องกับแนวคิดของ Gibbs (1988) ที่เสนอว่าการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบตั้งแต่การบรรยายเหตุการณ์ ความรู้สึก การประเมิน การวิเคราะห์ การสรุปบทเรียน และการวางแผนพัฒนาตนเอง จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

ประเด็นที่ 2 ระดับการตระหนักรู้ในตนเองของนักศึกษาหลังเข้าร่วมกิจกรรม

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการบันทึกประจำวัน (Diary Method) เป็นวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพที่มีความยืดหยุ่น สามารถบันทึกประสบการณ์ ความรู้สึก ความคิด และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาจริงภายใต้บริบทของผู้เข้าร่วมวิจัย ทำให้เป้าหมายการเขียนอนุทินชีวิต (Life Journal) นักศึกษาได้ตระหนักรู้อารมณ์ (Emotional Awareness) มากที่สุดคือ ยอมรับอารมณ์ที่เกิดขึ้น แต่ยังทำให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนประสบการณ์ตรงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิดของคริสทีน (Christine U,2022) และสามารถใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเรียนรู้ การสะท้อนคิด และการตระหนักรู้ในตนเองได้อย่างลึกซึ้ง นักศึกษามีระดับการตระหนักรู้ในตนเองโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยเฉพาะด้านการประเมินตนเองอย่างถูกต้องมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ การตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง และความเชื่อมั่นในตนเอง ตามลำดับ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเขียนอนุทินชีวิตช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์จุดแข็ง จุดที่ควรพัฒนา ความคิด ความรู้สึก และพฤติกรรมของตนเองได้อย่างชัดเจนมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการตระหนักรู้ในตนเองและสามารถกำหนดแนวทางการพัฒนาตนเองได้อย่างเหมาะสมผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Goleman (1995) ซึ่งอธิบายว่าการตระหนักรู้ในตนเองเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของความฉลาดทางอารมณ์ (Emotional Intelligence) และเป็นรากฐานของการกำกับตนเอง การตัดสินใจ และการพัฒนาความสัมพันธ์กับผู้อื่น อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Ott (2026) ที่อธิบายว่าการตระหนักรู้ในตนเองประกอบด้วยการตระหนักรู้อารมณ์ของตนเอง การประเมินตนเองอย่างถูกต้อง และความเชื่อมั่นในตนเอง ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมที่สร้างความตระหนักรู้กับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาในการสร้างความตระหนักต่อตนเองได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. อาจารย์ผู้สอนควรใช้การเขียนอนุทินชีวิตควบคู่กับการสะท้อนคิดภายหลังการเรียนหรือการทำกิจกรรม เพื่อช่วยให้นักศึกษาเชื่อมโยงองค์ความรู้กับประสบการณ์จริง และสามารถกำหนดแนวทางการพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง
2. มหาวิทยาลัยสามารถนำรูปแบบกิจกรรมดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนานักศึกษาชั้นปีที่ 1 เพื่อส่งเสริมการปรับตัว การกำกับตนเอง การจัดการอารมณ์ และการเตรียมความพร้อมต่อการใช้ชีวิตในระดับอุดมศึกษา

3. หน่วยงานด้านกิจการนักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้การเขียนอนุทินชีวิตเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมสุขภาวะทางจิต การให้คำปรึกษา และการพัฒนาทักษะชีวิตของนักศึกษา เพื่อป้องกันปัญหาด้านความเครียด ความวิตกกังวล และการปรับตัวในมหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาผลของกิจกรรมในระยะยาว (Longitudinal Study) เพื่อประเมินว่าการตระหนักรู้ในตนเองที่เกิดขึ้นยังคงอยู่และส่งผลต่อการเรียน การทำงาน และการดำเนินชีวิตของนักศึกษาหรือไม่
2. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตระหนักรู้ในตนเองกับตัวแปรอื่น เช่น ความฉลาดทางอารมณ์ การกำกับตนเอง ความสามารถในการปรับตัว สุขภาวะทางจิต ความผูกพันต่อการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเรียนรู้เชิงสะท้อนคิดให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น
3. ควรพัฒนารูปแบบการเขียนอนุทินชีวิตในรูปแบบดิจิทัล (Digital Life Journal) หรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เพื่อช่วยวิเคราะห์รูปแบบการสะท้อนคิดและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนอย่างเหมาะสม ซึ่งจะสอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และการศึกษายุคดิจิทัล

6. กิตติกรรมประกาศ

-

7. เอกสารอ้างอิง

ปาริชาติ บัวเจริญ, นพรัตน์ เตชะพันธ์รัตนกุล, ไกรลาศ ดอนชัย และ ปวันรัตน์ บัวเจริญ.(2561). ความเครียดและการปรับตัวของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่.*วารสารบัณฑิตศึกษาปริทรรศน์ มจร วิทยาเขตแพร่, 4*(2), 55-56.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.(2564). *หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ระดับปริญญาตรี ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2564*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.สืบค้น 17 มิถุนายน 2569 https://ecms.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2022/08/20220801162515_32860.pdf

Christine U. & Kate L.(2022). *Diary method in project studies.* Retrieved June 15, 2026.from https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/188582/7/Diary%20method%20in%20project%20studies.pdf

Gibbs G.(1988). *Learning by Doing: A guide to teaching and learning methods*. Further Education Unit. Oxford Polytechnic: Oxford.

Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. New York, New York: Bantam Dell.

Hughes, M. & Terrell, J.B. (2007). *The Emotionally Intelligent Team*. San Francisco: Jossey-Bass.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *Core foundations for*

2030. In *OECD future of education and skills 2030: OECD learning compass 2030: A series of concept notes* (pp. 45–57). OECD Publishing.

Ott, C. (2026). *What is emotional intelligence?* Ohio State University Extension. Retrieved June 15, 2026, from https://ohio4h.org/

UNESCO. (2025). *What you need to know on lifelong learning*. Retrieved June 15, 2026, from https://www.unesco.org/en/lifelong-learning/need-know.

CONFERNCE ON RESEARCH & CREATIVE INNOVATIONS
การประชุมวิชาการ วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์

ระบบตรวจสอบการใช้งานโทรศัพท์มือถือแบบเวลาจริงและการประมาณท่าทางของมนุษย์

รุจิพันธุ์ โกษารัตน์[1] อรษา สิระษากมล[1*]

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมซอฟต์แวร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

*orsa_k@rmutl.ac.th, 0643454168 (อรษา สิระษากมล)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจสอบการใช้งานโทรศัพท์มือถือแบบเวลาจริงร่วมกับการประมาณท่าทางของมนุษย์ สำหรับเฝ้าระวังในห้องทดสอบของโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จังหวัดลำพูน เพื่อป้องกันสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุรบกวนอุปกรณ์วัดความละเอียดสูง ระบบประยุกต์ใช้แบบจำลอง YOLO11s ในการตรวจจับโทรศัพท์มือถือร่วมกับ YOLO11s-pose ในการประมาณพิกัดข้อมือ โดยกำหนดเงื่อนไขเชิงพื้นที่และตัวกรองเชิงเวลาเพื่อยืนยันพฤติกรรมการใช้งานจริงและลดการเตือนผิดพลาด จากการประเมินด้วยชุดข้อมูล 8,000 ภาพ และการทดสอบแบบ 5-fold cross-validation พบว่าแบบจำลองให้ค่า mAP@0.5 เฉลี่ยเท่ากับ 0.982±0.003 สำหรับบุคคล และ 0.920±0.005 สำหรับโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า YOLOv8n และ YOLOv10n อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระบบประมวลผลด้วยความเร็ว 23 เฟรมต่อวินาที โดยมีความหน่วงรวมเพียง 101 มิลลิวินาที รองรับการแจ้งเตือนทันทีเพื่อระงับเหตุก่อนเกิดการรบกวน พร้อมบันทึกสถิติรายกะเชิงป้องกันตามหลักคุ้มครองความเป็นส่วนตัว ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (N=25) อยู่ในระดับดีมากที่ 4.2 จาก 5.0 คะแนน

คำสำคัญ: การตรวจจับวัตถุ โยโล่เวอร์ชัน 11 การประมาณท่าทางของมนุษย์ พื้นที่ห้ามใช้โทรศัพท์ การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

Real-Time Mobile Phone Usage Detection and Human Posture Estimation

Rujipan Kosarat[1] Orasa Sirasakamol[1*]

[1] Department of Electrical Engineering, Software Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road, Chang Phueak Subdistrict, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai 50300

*orsa_k@rmutl.ac.th, 0643454168 (Orasa Sirasakamol)

Abstract

This research presents a real-time mobile phone usage monitoring system integrating object detection and human pose estimation for restricted testing laboratories in an electronics manufacturing plant in Lamphun, Thailand, to prevent radio-frequency electromagnetic interference with sensitive instruments. The system employs YOLO11s for mobile phone detection and YOLO11s-pose for wrist keypoint estimation, utilizing spatial-temporal constraints to verify actual usage behavior and minimize false alarms. Evaluated on an 8,000-image dataset using 5-fold cross-validation, the proposed model achieved a mean mAP@0.5 of 0.982±0.003 for persons and 0.920±0.005 for phones, significantly outperforming YOLOv8n and YOLOv10n ($p<0.05$). The system operates at 23 FPS with an end-to-end latency of 101 ms, enabling immediate alerting to mitigate interference risks while logging shift-based analytics under privacy-preserving measures. Overall user satisfaction (N=25) was rated at 4.2 out of 5.0.

Keywords: Object Detection, YOLOv11, Human Pose Estimation, Restricted Area Monitoring, Electromagnetic Interference

1. บทนำ

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบอัจฉริยะ โดยเฉพาะระบบตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ที่วิเคราะห์และแยกแยะวัตถุในภาพหรือวิดีโอแบบเวลาจริง [1] ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมการใช้โทรศัพท์มือถือในพื้นที่หวงห้ามมิใช่เพียงประเด็นด้านระเบียบวินัย แต่เป็นข้อกำหนดทางวิศวกรรมที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เนื่องจากคลื่นความถี่วิทยุจากโทรศัพท์อาจก่อให้เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference: EMI) ต่ออุปกรณ์วัดที่มีความไวสูง [7], [8]

งานวิจัยนี้ดำเนินการร่วมกับโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในจังหวัดลำพูน ซึ่งประสบปัญหาการรบกวนสัญญาณในห้องทดสอบจากโทรศัพท์มือถือของพนักงาน ทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนและเกิดต้นทุนการทดสอบซ้ำ ปัจจุบันใช้การเฝ้าระวังด้วยสายตาโดยเจ้าหน้าที่เพียง 2 คนต่อกะ ซึ่งไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ 500 ตารางเมตรได้ตลอดเวลา และไม่มีการบันทึกข้อมูลเชิงสถิติเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการละเมิด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการใช้การตรวจจับวัตถุเพื่อเฝ้าระวังในสถานประกอบการได้รับความสนใจต่อเนื่อง [6], [12] แต่ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการตรวจจับ "การปรากฏ" ของวัตถุเพียงอย่างเดียว ยังมีช่องว่างใน 3 ประเด็น คือ (1) การเชื่อมโยงการตรวจจับโทรศัพท์กับความเสี่ยงเชิงวิศวกรรมโดยตรง (2) การยืนยันพฤติกรรม "การใช้งาน" จริงด้วยการประมาณท่าทาง และ (3) การออกแบบกลไกแจ้งเตือนที่ระงับเหตุได้ทันการณ์ ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐาน 2 ประการ ได้แก่ (1) YOLOv11s ให้ค่า mAP สูงกว่า YOLOv8n และ YOLOv10n และ (2) การใช้การประมาณท่าทางร่วมกับการตรวจจับวัตถุช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกพฤติกรรมการใช้งานโทรศัพท์ โดยมีวัตถุประสงค์ (1) พัฒนาแบบจำลองตรวจจับและจำแนกพฤติกรรมการใช้งานโทรศัพท์แบบเวลาจริง (2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพสถาปัตยกรรม YOLO เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมกับฮาร์ดแวร์ และ (3) ออกแบบกลไกนำผลตรวจจับไปใช้ทั้งการแจ้งเตือนทันทีและการจัดเก็บสถิติรายกะ

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้เชิงลึกและการตรวจจับวัตถุ

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาแบบจำลองให้เรียนรู้รูปแบบจากข้อมูลดิบ โดยอาศัยโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกสกัดคุณลักษณะที่ซับซ้อนจากข้อมูลเชิงภาพแบบเป็นลำดับชั้น [1] สำหรับงานตรวจจับวัตถุ อัลกอริทึมแบ่งเป็นกลุ่มสองขั้นตอน (Two-stage) เช่น Faster R-CNN ซึ่งแม่นยำสูงแต่ประมวลผลนาน และกลุ่มขั้นตอนเดียว (One-stage) เช่น ตระกูล YOLO ซึ่งประมวลผลทั้งภาพในรอบเดียว ทำให้เร็วพอต่อการใช้งานแบบเวลาจริง [2], [9] ด้วยข้อจำกัดด้านเวลาตอบสนองที่ต้องแจ้งเตือนก่อนเกิดการรบกวน จึงเลือกใช้อัลกอริทึมกลุ่มขั้นตอนเดียว

2.2 การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรม YOLO

สถาปัตยกรรมตระกูล YOLO แต่ละรุ่นมีจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกัน YOLOv8n มีขนาดเล็กและเร็วที่สุด เหมาะกับอุปกรณ์ทรัพยากรจำกัด แต่ด้อยด้านความแม่นยำกับวัตถุขนาดเล็ก YOLOv10n ปรับปรุงโดยตัดขั้นตอน Non-Maximum Suppression (NMS) ทำให้ลดเวลาแฝงและเพิ่มความแม่นยำ แต่ยังจำกัดกับวัตถุขนาดเล็กและไม่รองรับการประมาณท่าทางในตัว ส่วน YOLOv11 พัฒนาโครงสร้างภายในด้วยโมดูล SPPF (Spatial Pyramid Pooling - Fast) ที่รวมคุณลักษณะจากหลายระดับชั้น โครงสร้าง C2PSA ที่เสริมกลไกความสนใจในการจับรายละเอียดวัตถุขนาดเล็ก และโมดูล C3K2 ที่เพิ่มความลึกในการเรียนรู้ควบคู่กับการควบคุมพารามิเตอร์ [2], [10] อีกทั้งรองรับการประมาณท่าทางในสถาปัตยกรรมเดียวกัน

2.3 การประมาณท่าทางของมนุษย์และการประมวลผลที่ปลายทาง

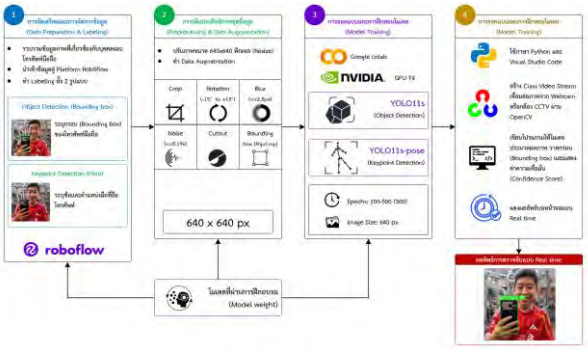
การประมาณท่าทางของมนุษย์ (Human Pose Estimation) ช่วยระบุพิกัดข้อต่อบนร่างกาย [3], [11] ซึ่งสำคัญต่องานวิจัยนี้ เนื่องจากการตรวจจับโทรศัพท์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ เพราะอาจเป็นโทรศัพท์ที่วางบนโต๊ะหรืออยู่ในกระเป๋า การพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างข้อมือกับโทรศัพท์จึงช่วยยืนยันพฤติกรรมการใช้งานและลดการตรวจจับผิดพลาด [3] แนวทางแบบบนลงล่าง (Top-down) เช่น MediaPipe ให้จุดสำคัญละเอียด 33 จุด แต่รองรับบุคคลเดียวและเวลาประมวลผลเพิ่มตามจำนวนบุคคล [11] ส่วนแบบขั้นตอนเดียว (Single-stage) เช่น YOLO-Pose ประมาณท่าทางทุกบุคคลพร้อมกัน ทำให้เวลาประมวลผลคงที่ [13] ด้วยบริบทห้องทดสอบที่มีพนักงานหลายคน YOLO11s-pose จึงเหมาะสมกว่า นอกจากนี้ การประมวลผลที่ปลายทาง (Edge Computing) ช่วยลดความหน่วง และเสริมความปลอดภัยด้านข้อมูลส่วนบุคคล เนื่องจากภาพไม่ถูกส่งออกนอกพื้นที่ผลิต [12]

2.4 การจัดการชุดข้อมูลและการประมวลผลภาพ

ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเชิงลึกขึ้นอยู่กับปริมาณและความหลากหลายของชุดข้อมูลฝึกสอน แพลตฟอร์ม Roboflow มีบทบาทในการบริหารจัดการชุดข้อมูลภาพ ตั้งแต่การติดป้ายกำกับข้อมูลไปจนถึงการขยายข้อมูลภาพ ซึ่งเพิ่มความทนทานของแบบจำลองภายใต้สภาวะแวดล้อมที่แปรปรวนและบรรเทาปัญหาการเรียนรู้เกินจำกัด [4] ส่วนไลบรารี OpenCV (Open Source Computer Vision Library) ทำหน้าที่ดึงเฟรมภาพจากกล้องวงจรปิดเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ [5], [6]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบต้นแบบดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน ครอบคลุมตั้งแต่การเตรียมชุดข้อมูล การออกแบบและฝึกสอนแบบจำลอง ไปจนถึงการทดสอบและประเมินผล โดยภาพรวมแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 บริบทพื้นที่ติดตั้งและการออกแบบการนำไปใช้งาน

ระบบออกแบบสำหรับติดตั้งในห้องทดสอบของโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จังหวัดลำพูน โดยรับสัญญาณภาพจากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งอยู่เดิมจำนวน 4 ตัว ครอบคลุมพื้นที่ 500 ตารางเมตร เมื่อระบบตรวจพบโทรศัพท์มือถือ จะพิจารณาร่วมกับพิกัดข้อมือที่ได้จากการประมาณท่าทาง หากเข้าเงื่อนไขที่กำหนด ระบบจะจำแนกเป็นการละเมิดกฎ แล้วส่งผลลัพธ์ 2 ทาง คือ (ก) การแจ้งเตือนทันทีผ่านสัญญาณไฟและเสียงที่จุดควบคุม เพื่อให้เจ้าหน้าที่เข้าระงับเหตุก่อนเกิดการรบกวนต่อการทดสอบ และ (ข) การบันทึกเหตุการณ์ลงฐานข้อมูลพร้อมเวลาและโซนที่เกิดเหตุ เพื่อจัดทำรายงานสถิติรายกะเสนอต่อหัวหน้างาน

3.2 เกณฑ์การจำแนกพฤติกรรมและกระบวนการประมวลผลแบบเวลาจริง

ในการจำแนกว่าบุคคลกำลังใช้งานโทรศัพท์หรือไม่ ระบบพิจารณาเงื่อนไขเชิงพื้นที่ร่วมกับเงื่อนไขเชิงเวลา ในเชิงพื้นที่ ระบบคำนวณระยะห่างแบบยุคลิดระหว่างพิกัดข้อมือกับจุดศูนย์กลางของกรอบล้อมรอบโทรศัพท์ แล้วแปลงเป็นระยะห่างสัมพัทธ์ (d_{rel}) โดยหารด้วยความกว้างของกรอบล้อมรอบบุคคลในเฟรมเดียวกัน ซึ่งแปรผกผันกับระยะห่างจากกล้อง ระบบจำแนกว่ามีการใช้งานเมื่อ d_{rel} ต่ำกว่าค่าเกณฑ์ T_{space}ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.15 จากการทดลองเบื้องต้น ดังสมการที่ (1) การกำหนดเกณฑ์เป็นสัดส่วนสัมพัทธ์มีข้อดีคือไม่ขึ้นกับระยะที่บุคคลยืนห่างจากกล้อง และไม่ต้องปรับค่าใหม่เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งกล้อง

$$\text{ใช้งาน} \iff d_{rel} < T_{space} \quad (1)$$

ในเชิงเวลา ระบบกำหนดให้เงื่อนไขเชิงพื้นที่ต้องเป็นจริงต่อเนื่องกันอย่างน้อย 2 วินาที ก่อนยืนยันเป็นเหตุการณ์ละเมิด ดังสมการที่ (2) ด้วยเหตุผลว่าการที่มือผ่านใกล้โทรศัพท์เพียงชั่วขณะ เช่น การเก็บโทรศัพท์เข้ากระเป๋า ไม่ควรนับเป็นการใช้งาน เงื่อนไขนี้จึงทำหน้าที่เป็นตัวกรองสัญญาณรบกวนเชิงเวลา (Temporal Filter)

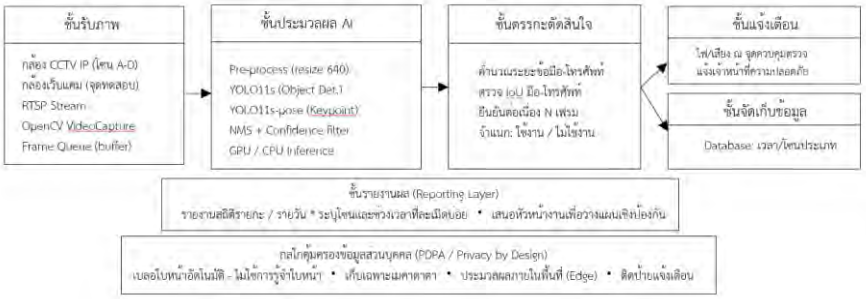
$$\text{ละเมิด} \iff count(d_{rel} < T_{space}) \geq \frac{t_{threshold}}{t_{frame}} \quad (2)$$

ในด้านกระบวนการประมวลผลแบบเวลาจริง ระบบรับสัญญาณภาพผ่านโพรโทคอล RTSP เข้าสู่คิวเฟรม (Frame Queue) ซึ่งแยกอัตราการรับภาพออกจากอัตราการอนุมานของแบบจำลอง โดยใช้คิวแบบ

จำกัดความยาวและนโยบายทิ้งเฟรมเก่าเมื่อคิวเต็ม เพื่อให้ผลการตรวจจับสะท้อนสถานการณ์ปัจจุบันเสมอแทนการสะสมความล่าช้า จากนั้นผลการจำแนกจะถูกส่งไปยังโมดูลแจ้งเตือนและโมดูลบันทึกข้อมูลแบบไม่ปิดกั้นการทำงาน (Non-blocking) ความหน่วงรวมของระบบเป็นผลรวมของทุกขั้นตอนตามสมการที่ (3) ซึ่งจากการวัดจริงมีค่าเฉลี่ย 101 มิลลิวินาที แยกเป็นการรับภาพ 33 ms การประมวลผลเบื้องต้น 12 ms การอนุมาน 43 ms การประมวลผลภายหลัง 8 ms และการแจ้งเตือน 5 ms ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 150 มิลลิวินาทีที่กำหนดไว้

$$L_{total} = L_{capture} + L_{preprocess} + L_{inference} + L_{postprocess} + L_{alert} \quad (3)$$

ภาพรวมสถาปัตยกรรมระบบตั้งแต่ชั้นรับภาพ ชั้นประมวลผล ชั้นตรรกะตัดสินใจ ไปจนถึงชั้นแจ้งเตือนและชั้นจัดเก็บข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture Diagram)

3.3 การจัดเตรียมชุดข้อมูลและการขยายข้อมูลภาพ

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลภาพรวมทั้งสิ้น 8,000 ภาพ แบ่งเป็นภาพบุคคล (Person) 4,100 ภาพ และภาพโทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone) 3,900 ภาพ โดยกระจายตามสภาพแสงเพื่อให้ครอบคลุมสถานการณ์จริง ดังตารางที่ 1 ภาพทั้งหมดบันทึกจากกล้องเว็บแคมและกล้องวงจรปิดภายในอาคาร แล้วนำเข้าสู่แพลตฟอร์ม Roboflow เพื่อติดป้ายกำกับข้อมูล (Annotation) โดยกำหนดกรอบล้อมรอบวัตถุ (Bounding Box) และจุดสำคัญ (Keypoint) สำหรับการประเมินท่าทาง จากนั้นแบ่งชุดข้อมูลเป็นชุดฝึกสอน ชุดตรวจสอบ และชุดทดสอบ ในอัตราส่วน 70 : 15 : 15 คิดเป็น 5,600 ภาพ 1,200 ภาพ และ 1,200 ภาพ ตามลำดับ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของข้อมูล

ตารางที่ 1 สถิติของชุดข้อมูลจำแนกตามสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อม	ภาพบุคคล	ภาพโทรศัพท์	รวม
แสงปกติ (Normal Light)	2,500	2,400	4,900
แสงน้อย (Low Light)	900	800	1,700
แสงย้อน (Backlight)	700	700	1,400
รวม (Total)	4,100	3,900	8,000

ภาพทั้งหมดถูกปรับขนาดเป็น 640×640 พิกเซล ให้สอดคล้องกับข้อกำหนดอินพุตของสถาปัตยกรรม จากนั้นประยุกต์ใช้เทคนิคการขยายข้อมูลภาพ (Data Augmentation) เพื่อจำลองสภาวะแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจริงในโรงงาน ประกอบด้วยการตัดส่วนภาพ (Random Crop ร้อยละ 0-20 ของพื้นที่ภาพ) การหมุนภาพ (Random Rotation -15 ถึง +15 องศา) การเพิ่มความเบลอ (Gaussian Blur เคอร์เนล 3×3, $\sigma \leq 2.5$) การเพิ่มสัญญาณรบกวน (Noise Injection ร้อยละ 0-0.1 ของพิกเซล) การลบพื้นที่บางส่วนแบบสุ่ม (Random Erasing ร้อยละ 0-10) การพลิกภาพแนวนอน (Horizontal Flip, p = 0.5) และการตัดกรอบล้อมรอบวัตถุ (Cutout ขนาด 20-40 พิกเซล) ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อปัญหาการเรียนรู้เกินจำกัด (Overfi ting) อย่างมีนัยสำคัญ [4]

3.4 การออกแบบและการฝึกสอนแบบจำลอง

การทดลองดำเนินการบนแพลตฟอร์ม Google Colab โดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก NVIDIA T4 (16 GB VRAM) เลือกใช้แบบจำลองที่ผ่านการฝึกสอนล่วงหน้า (Pre-trained) ได้แก่ YOLO11s สำหรับงานตรวจจับวัตถุ และ YOLO11s-pose สำหรับการประมาณท่าทาง โดยกำหนดพารามิเตอร์การฝึกสอนดังนี้ ขนาดภาพอินพุต 640×640 พิกเซล ขนาดชุดข้อมูลย่อย (Batch Size) 16 จำนวนรอบการเรียนรู้ 300 Epochs อัตราการเรียนรู้เริ่มต้น 0.001 ตัวปรับค่าน้ำหนักแบบ SGD พร้อมโมเมนตัม 0.937 ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Decay) 0.0005 จำนวนรอบอุ่นเครื่อง (Warmup) 3 Epochs และค่าเกณฑ์ IoU สำหรับ NMS ที่ 0.45

แบบจำลองใช้ฟังก์ชันต้นทุนรวม (Total Loss) ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ค่าความสูญเสียของกรอบล้อมรอบ (Bounding Box Loss) ที่ใช้ CIoU ค่าความสูญเสียของการจำแนกประเภท (Classification Loss) ที่ใช้ Binary Cross-Entropy และค่า Distribution Focal Loss สำหรับปรับปรุงความละเอียดของการทำนายขอบเขต ดังสมการที่ (4)

$$\mathcal{L}_{total} = \mathcal{L}_{box} + \mathcal{L}_{cls} + \mathcal{L}_{dfl} \quad (4)$$

3.5 การพัฒนาซอฟต์แวร์และการทดสอบระบบ

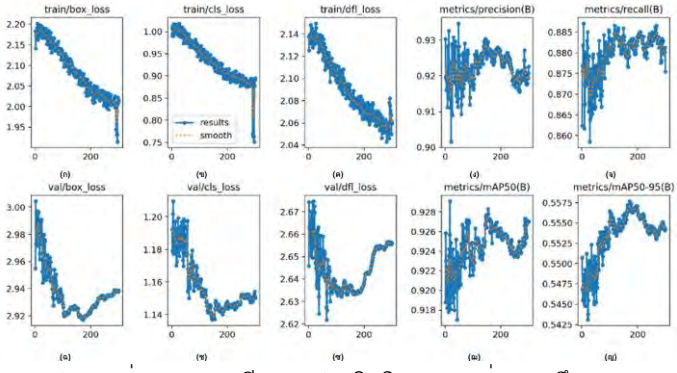
ระบบพัฒนาด้วยภาษา Python โดยใช้ Visual Studio Code องค์ประกอบประกอบด้วยโมดูลรับภาพที่ใช้ OpenCV ดึงเฟรมจากกล้อง RTSP โมดูลตรวจจับที่ใช้ YOLOv11s (Ultralytics) โมดูลตัดสินใจที่ใช้ NumPy คำนวณระยะทางและเงื่อนไขเวลา โมดูลแจ้งเตือนที่ใช้ Python Threading ร่วมกับ MQTT และโมดูลบันทึกข้อมูลที่ใช้ SQLite จัดเก็บสถิติเหตุการณ์ การทดสอบระบบแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ การทดสอบหน่วยย่อย การทดสอบการทำงานร่วมกัน และการทดสอบทั้งระบบในสภาพแวดล้อมจริง

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการฝึกสอนแบบจำลอง

การฝึกสอนดำเนินการจำนวน 300 รอบการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยกราฟย่อย 10 กราฟ แบ่งเป็นกลุ่มค่าความสูญเสีย (Loss Metrics) ในรูปที่ 3 (ก) ถึง (ค) และ (ฉ) ถึง (ซ) และ

กลุ่มเมตริกประเมินประสิทธิภาพในรูปที่ 3 (ง), (จ), (ฌ) และ (ญ)



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความสูญเสียและประสิทธิภาพระหว่างการฝึกสอนแบบจำลอง

จากรูปที่ 3 (ก) และ (ข) ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งวัตถุ (train/box_loss) ลดลงจาก 2.20 เหลือ 2.00 และค่าความคลาดเคลื่อนในการจำแนกประเภท (train/cls_loss) ลดลงจาก 1.00 เหลือ 0.78 บ่งชี้ว่าแบบจำลองระบุพิกัดกรอบล้อมรอบและแยกแยะคลาสได้แม่นยำขึ้น ส่วนรูปที่ 3 (ง) และ (จ) แสดงค่า Precision และ Recall ที่ลู่เข้าสู่ระดับ 0.92 และ 0.88 ในขณะที่รูปที่ 3 (ฌ) และ (ญ) แสดงค่า mAP@0.5 และ mAP@0.5:0.95 ที่ระดับ 0.928 และ 0.555 ตามลำดับ โดยค่าความสูญเสียของชุดตรวจสอบมีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับชุดฝึกสอน และไม่ปรากฏการเรียนรู้เกินจำกัด (Overfitting)

4.2 ประสิทธิภาพการตรวจจับและการเปรียบเทียบแบบจำลอง

การประเมินใช้ตัวชี้วัด Precision, Recall, F1-score และ mAP@0.5 แทนค่าความถูกต้อง (Accuracy) ผลจาก 5-fold cross-validation แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าแบบจำลองให้ค่า mAP@0.5 เท่ากับ 0.982±0.003 สำหรับบุคคล และ 0.920±0.005 สำหรับโทรศัพท์มือถือ โดยค่า Recall ของคลาสโทรศัพท์ที่ 0.878±0.007 สำคัญเป็นพิเศษ เนื่องจากการพลาดการตรวจจับหมายถึงการปล่อยให้เกิดการใช้โทรศัพท์โดยไม่มีการแจ้งเตือน ส่วนค่า Precision ที่ 0.906±0.006 บ่งชี้ว่าการแจ้งเตือนผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำ (≤ 0.007) ยืนยันความเสถียรของแบบจำลอง

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการตรวจจับจำแนกตามประเภทวัตถุ (5-fold CV)

ตัวชี้วัด (Metric)	บุคคล (Person)	โทรศัพท์ (Phone)
Precision	0.978 ± 0.004	0.906 ± 0.006
Recall	0.968 ± 0.005	0.878 ± 0.007
F1-score	0.972 ± 0.004	0.892 ± 0.006
mAP@0.5	0.982 ± 0.003	0.920 ± 0.005

เพื่อยืนยันการเลือกสถาปัตยกรรมตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ผู้วิจัยเปรียบเทียบ YOLO11s กับ YOLOv8n และ YOLOv10n บนชุดข้อมูลและเงื่อนไขเดียวกัน ดังตารางที่ 3 พบว่า YOLOv11s ให้ค่า

mAP@0.5 สูงสุดที่ 0.941±0.004 สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (paired t-test, $p < 0.05$) แม้ความเร็วลดลงเหลือ 23 เฟรมต่อวินาที แต่เพียงพอต่อการแจ้งเตือนทันการณ์ ประกอบกับรองรับการประมาณท่าทางในสถาปัตยกรรมเดียวกัน จึงเลือกใช้เป็นแบบจำลองหลัก

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลอง (5-fold CV)

แบบจำลอง (Model)	mAP@0.5	FPS	Latency (ms)
YOLOv8n	0.898 ± 0.008	31	32
YOLOv10n	0.917 ± 0.006	27	37
YOLOv11s	0.941 ± 0.004	23	43

4.3 เมทริกซ์ความสับสนและการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบ

เพื่อวิเคราะห์รูปแบบความผิดพลาด ผู้วิจัยจัดทำเมทริกซ์ความสับสนแบบนอร์มัลไลซ์ ดังรูปที่ 4 พบว่าแบบจำลองจำแนกคลาสบุคคลได้ถูกต้องร้อยละ 97 และคลาสโทรศัพท์มือถือร้อยละ 88 ความผิดพลาดส่วนใหญ่ของคลาสโทรศัพท์เกิดจากการจำแนกเป็นพื้นหลัง (ตรวจจับไม่พบ) ร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดด้านขนาดวัตถุที่เล็กและสภาวะแสง โดยเฉพาะกรณีโทรศัพท์สีดำบนฉากหลังสีเข้ม



รูปที่ 4 เมทริกซ์ความสับสนของแบบจำลอง (Normalized Confusion Matrix)

การศึกษาแบบ Ablation Study ในตารางที่ 4 พิสูจน์ว่าองค์ประกอบแต่ละส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพจริง โดยการขยายข้อมูลภาพยกระดับ mAP จาก 0.82 เป็น 0.89 การเปลี่ยนสถาปัตยกรรมเป็น YOLOv11s ยกระดับเป็น 0.92 และการเพิ่มการประมาณท่าทางยกระดับเป็น 0.94 ผลดังกล่าวสนับสนุนสมมติฐานข้อที่ 2 ว่าการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมือกับโทรศัพท์ช่วยแยกแยะระหว่างการ "มีโทรศัพท์" กับการ "ใช้งานโทรศัพท์" ได้ดีขึ้น

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลของแต่ละองค์ประกอบ (Ablation Study)

องค์ประกอบของระบบ	mAP@0.5	Precision	Recall	FPS
ชุดข้อมูลตั้งต้น	0.82	0.81	0.79	28
+ การขยายข้อมูล	0.89	0.87	0.85	26

+ YOLOv11s	0.92	0.91	0.89	24
+ การประมาณท่าทาง	0.94	0.93	0.91	23

4.4 ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและผลการทดสอบในสถานการณ์จริง

ผู้วิจัยทดสอบประสิทธิภาพแยกตามสภาพแสงและระยะทาง ดังตารางที่ 5 พบว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดในสภาวะแสงปกติและระยะใกล้ โดยค่า mAP ของคลาสโทรศัพท์ลดลง 0.033 ในสภาวะแสงน้อย และ 0.060 ที่ระยะไกล

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการตรวจจับจำแนกตามสภาพแวดล้อม (mAP@0.5)

สภาพแวดล้อม (Condition)	บุคคล (Person)	โทรศัพท์ (Phone)
แสงปกติ (Normal Light)	0.985	0.928
แสงน้อย (Low Light)	0.962	0.895
แสงย้อน (Backlight)	0.971	0.912
ระยะใกล้ (< 3 เมตร)	0.988	0.935
ระยะไกล (≥ 3 เมตร)	0.965	0.875

ในการทดสอบภาคสนาม ระบบมีอัตราการตรวจจับรวมร้อยละ 94.2 อัตราการแจ้งเตือนผิดพลาดร้อยละ 4.8 อัตราการพลาดการตรวจจับร้อยละ 5.8 ความหน่วงรวมเฉลี่ย 105 มิลลิวินาที และความครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 92 ซึ่งผ่านเกณฑ์เป้าหมายทุกข้อ ตัวอย่างการทำงานแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลลัพธ์การตรวจจับบุคคลและโทรศัพท์มือถือแบบเวลาจริง

จากการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด การตรวจจับผิดพลาด (False Positive) เกิดจากวัตถุที่มีรูปทรงใกล้เคียงโทรศัพท์ เช่น กระเป๋าสตางค์ เครื่องคิดเลข ส่วนการพลาดการตรวจจับ (False Negative) มักพบในกรณีโทรศัพท์สีดำที่กลืนกับฉากหลัง และวัตถุอยู่ห่างเกิน 3 เมตร ซึ่งบรรเทาได้ด้วยการติดตั้งกล้องเพิ่มในโซนเสี่ยง การใช้กล้องอินฟราเรดหรือโหมด HDR และการปรับปรุงระบบแสงสว่าง

4.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานและการคุ้มครองความเป็นส่วนตัว

เพื่อประเมินการยอมรับระบบ ผู้วิจัยสำรวจความพึงพอใจกับพนักงานและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย

25 คน ผ่านแบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) พบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับ 4.2 จาก 5.0 (SD = 0.72) โดยประเด็นที่ได้คะแนนสูงสุดคือการลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ (4.4) และความรวดเร็วในการแจ้งเตือน (4.3) ส่วนที่ได้คะแนนต่ำสุดคือความสะดวกในการใช้งาน (4.0) ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป

เนื่องจากระบบประมวลผลภาพของพนักงาน ภาพใบหน้าจึงเป็นข้อมูลส่วนบุคคลตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (PDPA) และสอดคล้องกับหลักการของ GDPR [14] ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางป้องกัน 4 ประการ ได้แก่ (1) เก็บเฉพาะข้อมูลเมตา คือ เวลา โซน และประเภทเหตุการณ์ มิได้จัดเก็บวิดีโอ (2) ตรวจจับ "พฤติกรรม" มิใช่ระบุตัวตน จึงไม่ใช้การรู้จำใบหน้า (3) เบลอใบหน้าอัตโนมัติในภาพที่ส่งต่อให้หัวหน้างาน และ (4) ประมวลผลที่ปลายทาง (Edge Processing) ทำให้ภาพไม่ถูกส่งออกนอกพื้นที่ผลิต [12] ทั้งนี้ ควรติดป้ายแจ้งเตือนและแจ้งวัตถุประสงค์ให้พนักงานทราบอย่างโปร่งใส

5. สรุปและอภิปรายผล

ระบบตรวจสอบการใช้งานโทรศัพท์มือถือแบบเวลาจริงที่พัฒนาด้วย YOLOv11 ร่วมกับการประมาณท่าทางของมนุษย์ ตอบวัตถุประสงค์ได้ครบทั้งสามข้อ และสนับสนุนสมมติฐานทั้งสองข้อ กล่าวคือ YOLOv11s ให้ค่า mAP@0.5 สูงกว่า YOLOv8n และ YOLOv10n อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการเพิ่มการประมาณท่าทางยกระดับค่า mAP จาก 0.92 เป็น 0.94 พร้อมลดการแจ้งเตือนผิดพลาด โดยระบบทำงานที่ 23 เฟรมต่อวินาที ด้วยความหน่วงรวม 101 มิลลิวินาที

จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการออกแบบกลไกนำผลตรวจจับไปใช้ประโยชน์เป็นรูปธรรม เนื่องจากการใช้โทรศัพท์ในห้องทดสอบเป็นความเสี่ยงเชิงวิศวกรรมที่ทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนจาก EMI มิใช่เพียงประเด็นระเบียบวินัย ผลลัพธ์จึงแปลงเป็นการแจ้งเตือนทันทีเพื่อระงับเหตุ และสถิติรายกะเพื่อวางแผนเชิงป้องกัน เมื่อเทียบกับงานที่เกี่ยวข้อง Kongkaew และคณะ [6] มิได้ใช้การประมาณท่าทางยืนยันพฤติกรรม ส่วน Nguyen และคณะ [12] มิได้เชื่อมโยงกับความเสี่ยง EMI งานวิจัยนี้จึงเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว

ข้อจำกัดที่ควรระบุคือ ระบบยังไม่สามารถแยกแยะว่าโทรศัพท์ที่ตรวจพบเปิดสัญญาณหรือไม่ ประสิทธิภาพลดลงเมื่อวัตถุอยู่ห่างเกิน 3 เมตรหรือแสงน้อย อีกทั้งประเมินผลในสถานประกอบการแห่งเดียว ยังมิได้ทวนสอบกับชุดข้อมูลสาธารณะ (External Validation) และมิได้วัดผลกระทบ EMI ด้วยเครื่องวัดสเปกตรัมโดยตรง ผลการวิจัยจึงควรตีความในบริบทเฉพาะ แนวทางวิจัยในอนาคตได้แก่ การเปรียบเทียบอัตรา False Positive และ False Negative ระหว่างระบบที่ใช้และไม่ใช้การประมาณท่าทาง การทดสอบร่วมกับเครื่องวัดสเปกตรัมความถี่วิทยุ และการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Transfer Learning) ไปยังโดเมนอื่น เช่น ห้องผ่าตัด [15] และห้องสอบ ตลอดจนขยายแบบจำลองให้ครอบคลุมพฤติกรรมเสี่ยงอื่น เช่น การไม่สวมสายรัดข้อมือป้องกันไฟฟ้าสถิต (ESD Wrist Strap)

ในเชิงการนำไปใช้งาน ควรติดตั้งกล้องให้ครอบคลุมระยะไม่เกิน 3 เมตรในโซนเสี่ยงสูง โดยใช้กล้องวงจรปิดเดิมได้ และควรเก็บภาพจากสภาพแวดล้อมจริงเพิ่มเติมเพื่อปรับจูนแบบจำลอง (Fine-tuning)

ด้านความยืดหยุ่น (Scalability) สถาปัตยกรรมรองรับการขยายจำนวนกล้องโดยประมวลผลแบบขนานบนอุปกรณ์ปลายทาง ทั้งนี้ ควรสื่อสารให้ชัดเจนว่าระบบมุ่งป้องกันความเสียหายต่อกระบวนการผลิต มิใช่การประเมินผลการปฏิบัติงานรายบุคคล

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และทรัพยากร ตลอดจนสถานประกอบการในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จังหวัดลำพูน ที่เอื้อเฟื้อพื้นที่และข้อมูลในการทดสอบระบบ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Aggarwal, C. C. (2023). Neural networks and deep learning (2nd ed.). Springer.
[2] Khanam, R., & Hussain, M. (2024). YOLOv11: An overview of the key architectural enhancements. arXiv:2410.17725.
[3] Zheng, C., et al. (2023). Deep learning-based human pose estimation: A survey. ACM Computing Surveys, 56(1), 1-37.
[4] Mumuni, A., & Mumuni, F. (2022). Data augmentation: A comprehensive survey. Array, 16, 100258.
[5] Rakesh, V., et al. (2023). Real time object recognition using OpenCV and Numpy in Python. ICIDCA, 1-5.
[6] Kongkaew, W., et al. (2026). Real-time LED defect detection using YOLOv7-12 for smart manufacturing. ECTI DAMT & NCON.
[7] IEC. (2008). IEC 61000-4-2: EMC - Electrostatic discharge immunity test.
[8] Nguyen, T. H., & Chen, L. (2011). Reducing HDD failure caused by EMI (U.S. Patent 8,115,647). USPTO.
[9] Terven, J., et al. (2023). A comprehensive review of YOLO architectures. Machine Learning and Knowledge Extraction, 5(4), 1680-1716.
[10] Hussain, M., & Khanam, R. (2024). In-depth review of YOLOv1 to YOLOv10 variants. Solar, 4(3), 351-386.
[11] Bazarevsky, V., et al. (2020). BlazePose: On-device real-time body pose tracking. arXiv:2006.10204.
[12] Nguyen, H. H., et al. (2021). YOLO based real-time human detection for video surveillance at the edge. IEEE ICCE, 439-444.
[13] Maji, D., et al. (2022). YOLO-Pose: Enhancing YOLO for multi person pose estimation. IEEE/CVF CVPRW.
[14] EDPB. (2020). Guidelines 3/2019 on processing personal data through video devices.
[15] Sowan, A. K., & Vera, A. G. (2021). EMI of smartphones with medical devices. J. Clin. Eng., 46(2).

12th CRCi2026

งานประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 12

The 12th Conference on Research and Creative Innovations (CRCI 2026)

RMUTL
สถาบันวิจัยและพัฒนา มทร.ล้านนา

สถาบันวิจัยและพัฒนา : 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50220