การยกระดับคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร

ด้วยเทคโนโลยีการอบแห้ง

คณะทำงานโครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคม

รายตำบลแบบบูรณาการ (1 ตำบล 1 มหาวิทยาลัย)

ตำบลป่างิ้ว

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการอบแห้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

และประสิทธิผลของผลผลิตทางการเกษตรในชุมชน

คำนำ

ตำบลป่าง้ิว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ได้เข้าร่วมโครงการฟื้นฟูเศรษฐกิจชุมชนบนวิถีใหม่ด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ภายใต้โครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมรายตำบลแบบบูรณาการ (1 ตำบล 1 มหาวิทยาลัย) งบประมาณประจำปี 2564 จากการสำรวจลงพื้นที่ของคณะทำงาน พบว่า ทางชุมชนต้องการให้โครงการฯ นี้ ช่วยพัฒนาทักษะอาชีพ เพิ่มรายได้ ลดรายจ่าย เพิ่มทักษะด้านอาชีพ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชา และกาแฟ และพืชสมุนไพรท้องถิ่น ปัญหาหลักที่สำคัญในกระบวนการผลิตคือปัญหาการเกิดเชื้อราตกค้างในผลิตภัณฑ์ การควบคุมความชื้นในผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ดังนั้นหลักสูตรนี้จึงได้จัดทำขึ้นมาเพื่อพัฒนาทักษะของผู้ปฏิบัติงาน และปรับปรุงกระบวนการอบแห้งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมการอบแห้งที่เหมาะสมสมกับสภาพการทำงาน และปริมาณการผลิตของชุมชน เพื่อนำไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างมีคุณภาพ และเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คณะทำงานโครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคม
รายตำบลแบบบูรณาการ (1 ตำบล 1 มหาวิทยาลัย) งบประมาณประจำปี 2564

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 แนวคิดและหลักการ 3

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 18

บทที่ 4 บทสรุป 36

บรรณานุกรม

ประวัติผู้เขียน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ชาและกาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจของภาคเหนือตอนบน โดยจังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งที่มีพื้นที่ปลูกชาและกาแฟที่สำคัญได้แก่ ชาอัสสัมและกาแฟสายพันธุ์อะราบิกา โดยชาอัสสัมเป็นชาพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกมากในจังหวัดเชียงราย คิดเป็นร้อยละ 69.39 ส่วนกาแฟพันธุ์อะราบิกา (Arabica) ต้องปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 3,000 ฟุต ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ต้องปลูกบนที่สูงอากาศเย็นในบางช่วง จึงปลูกกันมากที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ตาก และแม่ฮ่องสอน ผลผลิตของกาแฟทั่วโลกเป็นกาแฟพันธุ์อะราบิกา คิดเป็นร้อยละ 75

ในปัจจุบันชาและกาแฟมีความนิยมการบริโภคเพื่อสุขภาพมากขึ้น เนื่องด้วยกระแสเรื่องการห่วงใยสุขภาพในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น และการเพิ่มขึ้นของผู้ดื่มชาและกาแฟ โดยเฉพาะในกลุ่มวัยรุ่น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชาและกาแฟในปัจจุบันไม่ได้เป็นเพียงเครื่องดื่มอีกต่อไป แต่รวมถึงเป็นสัญลักษณ์ในการแสดงถึงลักษณะบุคลิกภาพ รวมถึงเป็นส่วนเสริมลักษณะบุคลิกภาพของผู้ดื่มด้วย ดังที่เห็นได้จากในปัจจุบัน เช่น ค่านิยมในการดื่มชาหรือกาแฟที่มีราคาสูงแสดงว่าเป็นผู้มีรายได้สูงในระดับหนึ่งเป็นผู้ประสบความสำเร็จ ทำให้ดูมีภูมิฐานขึ้น จึงทำให้ชาและกาแฟแม้มีราคาสูงก็ยังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตในธุรกิจประเภทนี้เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

หมู่บ้านห้วยมะเกลี้ยง ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย เป็นหมู่บ้านบนพื้นที่สูง มักนิยมปลูกชาอัสสัมและกาแฟสายพันธุ์อะราบิกา รายได้หลักของหมู่บ้าน คือการส่งออกใบชาและกาแฟ โดยก่อนที่จะนำผลผลิตชาและกาแฟออกสู่ตลาดได้นั้น ต้องผ่านกระบวนการตากแห้งหรือรมควันกำมะถันการตากแดดให้แห้งในส่วนของใบชาใช้เวลาประมาณ 1 – 2 วัน ส่วนกาแฟใช้เวลาในการกำจัดเมือกประมาณ 2 – 3 วัน และหากได้รับความชื้นก็จะส่งผลทำให้เกิดเชื้อรากับผลิตภัณฑ์

ดังนั้น การกำจัดความชื้นจากผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการสำคัญในการช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหาย โดยกระบวนการกำจัดความชื้นสามารถทำได้โดยการใช้กระบวนการอบแห้ง โดยการอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนการกำจัดความชื้นหรือน้ำในผลิตภัณฑ์ให้ลดลงในค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน การกำจัดความชื้นในผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีการและเครื่องอบแห้งของผู้ออกแบบ กระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์นั้น ทางโครงการได้นำเทคโนโลยีการอบแห้งมาปรับใช้กับชุมชน โดยออกแบบสร้างและพัฒนาตู้อบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน ด้วยการนำเตาแก๊สอินฟราเรดมาใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนแก่น้ำ แล้วจึงใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger

) แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศ เพื่อนำอากาศร้อนเข้าไปในห้องอบแห้ง และใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาควบคุมความเร็วลมที่ใช้ ตู้อบแห้งที่ทางโครงการคิดออกแบบและพัฒนาจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้ โดยออกแบบให้สะดวก ง่ายและปลอดภัยต่อการใช้งาน ดูแลรักษาง่าย มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพื่อลดระยะเวลาในการกำจัดความชื้นและสามารถทำการอบแห้งได้ในทุกช่วงสภาวะอากาศ และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชาและกาแฟของชุมชนได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. มีความรู้ ความเข้าใจ หลักการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยีการอบแห้ง
2. มีทักษะในการปฏิบัติงานอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสม
3. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและปรับปรุงกระบวนการผลิตผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพ
4. มีทักษะในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องอบแห้งแบบต่างๆ ในชุมชน

1.3 ระยะเวลาฝึกอบรม

ผู้รับการฝึกอบรมจะต้องเข้าฝึกอบรมภาคทฤษฎี จำนวน 3 ชั่วโมง และฝึกภาคปฏิบัติ จำนวน 12 ชั่วโมง รวมเป็น 15 ชั่วโมง โดยจะต้องเข้ารับการฝึกอบรมอย่างน้อยร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกอบรมทั้งหมด

1.4 คุณสมบัติผู้เข้าฝึกอบรม

1. เป็นผู้นำชุมชนหรือประชาชนผู้สนใจในชุมชนที่เข้าร่วมโครงการ
2. มีความพร้อมและสามารถเข้ารับการฝึกอบรมได้ตลอดหลักสูตร
3. มีความสนใจในการฝึกทักษะการใช้เทคโนโลยีการอบแห้งและสามารถนำไปเผยแพร่ต่อได้

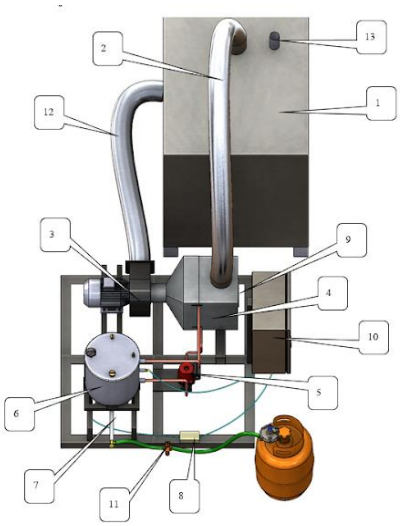
1.5 ใบประกาศนียบัตร

ชื่อเต็ม : ใบประกาศนียบัตรฝึกอบรมระยะสั้น**“การยกระดับคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยีการอบแห้ง”** ผู้รับการฝึกอบรมที่ผ่านการประเมินผล และมีระยะเวลาการฝึกอบรมไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกทั้งหมดจะได้รับใบประกาศนียบัตร **“การยกระดับคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยีการอบแห้ง”**

บทที่ 2
แนวคิดและหลักการ

2.1 หลักการทำงาน

2.1.1 เครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 2.1 เครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 1 ห้องอบแห้ง

หมายเลข 2 ท่อวนกลับของอากาศ

หมายเลข 3 พัดลมโบล์เวอร์มอเตอร์

หมายเลข 4 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 5 ปั๊มน้ำร้อน

หมายเลข 6 หม้อน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 7 เตาแก๊สอินฟราเรด

หมายเลข 8 อุปกรณ์จุดติดแก๊ส

หมายเลข 9 ทางเข้าอากาศ

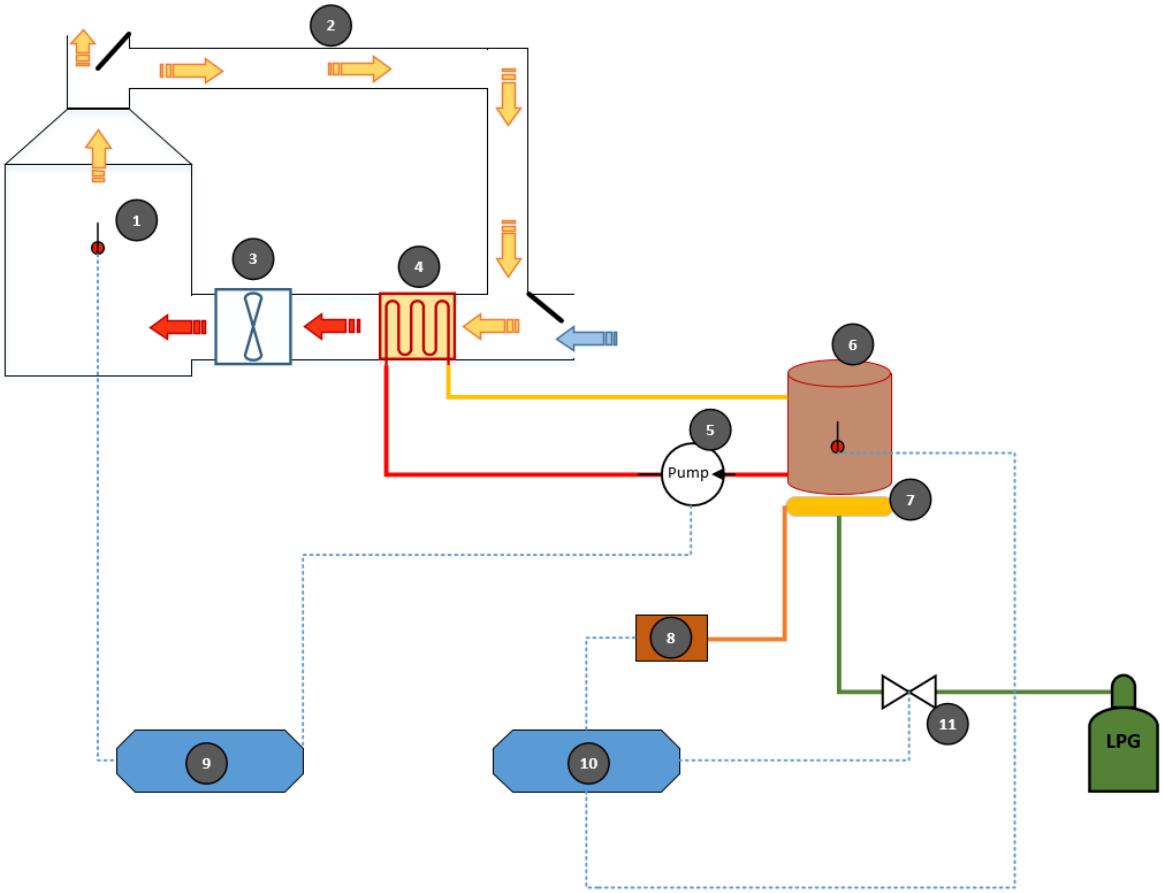
หมายเลข 10 กล่องควบคุมเครื่องอบแห้ง

หมายเลข 11 โซลินอยด์วาล์วแก๊ส

หมายเลข 12 ท่ออากาศเข้าห้องอบแห้ง

หมายเลข 13 ท่อระบายอากาศออก

2.1.2 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 1 ห้องอบแห้ง

หมายเลข 2 ช่องหมุนเวียนอากาศ

หมายเลข 3 พัดลมโบล์เวอร์มอเตอร์

หมายเลข 4 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 5 ปั๊มน้ำ

หมายเลข 6 หม้อน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 7 เตาแก๊สอินฟราเรด

หมายเลข 8 อุปกรณ์จุดติดแก๊ส

หมายเลข 9 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้ง

หมายเลข 10 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 11 โซลินอยด์วาล์วแก๊ส

หลักการทำงาน

เริ่มจากปั๊มน้ำจะดูดน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงไปยังชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอากาศจากภายนอกจะถูกพัดลมดูดผ่านมายังห้องแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นผ่านเข้าไปยังห้องอบแห้งเพื่อลดความชื้นของเนื้อหมูสไลด์ อากาศที่ออกมาจากห้องอบแห้งได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ 30% และส่วนที่สองจะหมุนเวียนกลับเข้าในระบบคิดเป็น 70%

การควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน เริ่มเมื่ออุณหภูมิของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำกว่า 85°C อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณไปยังกล่องจุดติดแก๊สอัตโนมัติ และเปิดโซลินอยด์วาล์วแก๊ส เพื่อจุดติดแก๊ส และเมื่ออุณหภูมิของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนสูงกว่า 85°C อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณไปยังโซลินอยด์วาล์วแก๊สเพื่อตัดแก๊ส ซึ่งมีระยะหน่วงของอุณหภูมิอยู่ที่ 2°C

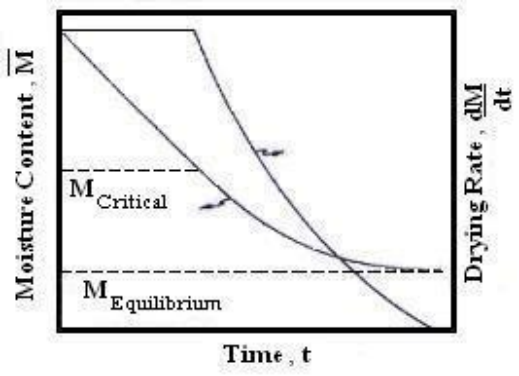
การควบคุมอุณหภูมิของห้องอบแห้งโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้ง เริ่มเมื่ออุณหภูมิของห้องอบแห้งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณเปิดปั๊มน้ำ หมายเลข 5 เพื่อให้น้ำผ่านไปยังห้องแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นเมื่ออุณหภูมิของห้องอบแห้งสูงกว่าที่กำหนดไว้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณปิดการทำงานของปั๊มน้ำ หมายเลข 5 ซึ่งมีระยะหน่วงของอุณหภูมิอยู่ที่ 2°C

การหน่วงอุณหภูมิทำเพื่อไม่ให้มีการจุดและตัดระบบบ่อยจนเกินไป ถือเป็นการดูแลรักษาและยืดอายุอุปกรณ์ไปในตัว ดังนั้นการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทั้งสองจะทำงานเป็นวัฏจักรแบบนี้ต่อไปจนกว่าจะมีการปิดระบบ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ความรู้พื้นฐานของการอบแห้ง

ในการอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้งโดยที่การถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันความร้อนส่วนใหญ่จะถูกไปใช้ในการระเหยน้ำออกจากผิววัสดุถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมากอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่ซึ่งส่งผลอัตราการอบแห้งคงที่ถ้าอุณหภูมิความชื้นและความเร็วของอากาศมีค่าคงที่เมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากแล้วอุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวของวัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไปโดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นไอน้ำจะลดลงซึ่งส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลงรูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอัตราการอบแห้งเทียบกับเวลาภายใต้อุณหภูมิความชื้นและความเร็วของอากาศคงที่ความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า ความชื้นวิกฤต



รูปที่ 2.3 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง

วัสดุการเกษตรส่วนใหญ่มักมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนซึ่งสามารถแบ่งการอบแห้งได้เป็นสองช่วงคือ ช่วงแรกในขณะที่มีความชื้นสูงอยู่การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างวัสดุและอากาศเหมือนกับการถ่ายเทความร้อนและมวลที่เกิดขึ้นที่กระเปาะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งการอบแห้งเป็นแบบอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant Drying Rate) ช่วงที่สองคือช่วงที่ความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤตการถ่ายเทความร้อนและมวลไม่เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้นแต่เกิดขึ้นภายในเนื้อของวัสดุด้วยการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในเนื้อวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศทำให้อัตราการอบแห้งลดลง (Falling Drying Rate)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

Nonhebl and Moss (1971) กล่าวว่า สภาวะการอบแห้งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากการดำเนินงานและการควบคุม สภาวะภายนอกที่สำคัญและมีผลต่ออัตราการอบแห้งวัสดุได้แก่อุณหภูมิของลมร้อนความเร็วของลมร้อนความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนและน้ำหนักของวัสดุอบแห้งต่อหน่วยพื้นที่นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่นการกวนการแบ่งขนาดของชิ้นวัสดุ

(1) อุณหภูมิของลมร้อน

โดยปกติการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิของการอบแห้งจะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ในกรณีดังกล่าวถือว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยคงที่ ในกรณีที่มีการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิในขณะอบแห้งจะถือว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการอบแห้งเป็นอย่างมาก ในกรณีการอบแห้งวัสดุที่ความเร็วลมร้อนคงที่อัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับกระเปาะแห้งของอากาศร้อนเท่านั้น ดังนั้นอัตราการอบแห้งมีค่าสูงเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าสูงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าต่ำสุด ในช่วงของอัตราการอบแห้งคงที่ อัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศแห้งเท่านั้น ส่วนในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงวัสดุอบแห้งมีแนวโน้มจะแห้งเร็วขึ้น ถ้าอุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น (Borgstrom, 1968)

(2) ความเร็วของลมร้อน

ความเร็วของลมร้อนไม่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอากาศ อุณหภูมิและการนำอากาศที่ใช้แล้วมาผสมกับอากาศแวดล้อมแม้ว่าการนำอากาศที่ใช้แล้วมาผสมกับอากาศแวดล้อม ทำให้องค์ประกอบและคุณสมบัติของอากาศร้อนเปลี่ยนแปลงไป แต่จะไม่มีผลต่อความเร็วของลมร้อน โดยปกติในการอบแห้งจะควบคุมให้ความเร็วของลมร้อนคงที่ตลอดช่วงของการอบแห้งในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของลมร้อน ความเร็วของลมร้อนมีผลต่ออัตราการอบแห้งเนื่องจากความเร็วของลมร้อนจะมีผลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ดังนั้นถ้าปัจจัยอื่น ๆคงที่การอบแห้งที่ความเร็วลมร้อนสูงจะทำให้อัตราการอบแห้งดีขึ้น (Brennan et al., 1986)

(3) ความชื้นของลมร้อน

ความชื้นจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอากาศที่ใช้แล้วกับอากาศแวดล้อมและยังขึ้นอยู่กับอัตราการอบแห้งที่เวลาใด ๆ หากลมร้อนมีความชื้นสูงจะทำให้ความสามารถในการดึงน้ำในวัสดุอบแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของลมร้อนลดลง นั่นคืออัตราการอบแห้งจะลดลงด้วย และในทางทฤษฎีสามารถที่จะควบคุมความชื้นของลมร้อนได้ โดยการควบคุมการผสมของอากาศที่ใช้แล้วกับอากาศแวดล้อม ซึ่งหากเพิ่มการผสมของอากาศที่ใช้แล้วกับอากาศแวดล้อมมากขึ้นเท่าใดที่อัตราการอบแห้งจะลดลงมากขึ้นเท่านั้น ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถควบคุมการผสมของอากาศที่ใช้แล้วกับอากาศแวดล้อมได้แน่นอน และวิธีที่นิยมทดลองกันคือ การลองผิดลองถูก หรือหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น, อัตราการอบแห้งขณะใดขณะหนึ่งและสัดส่วนของการผสมของอากาศที่ใช้แล้วกับอากาศแวดล้อมโดยการสมดุลมวลสาร (Hield and Josly, 1967)

(4) น้ำหนักของวัสดุต่อหน่วยพื้นที่หรือความหนาของชิ้นวัสดุ

ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่อัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิววัสดุเท่านั้น ดังนั้นความหนาของวัสดุไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงนี้เลยแต่เมื่อถึงช่วงอัตราการอบแห้งลดลงการแพร่ของน้ำจากภายในสู่พื้นผิวของวัสดุซึ่งเกิดการระเหยจะเป็นตัวควบคุมอัตราการอบแห้ง ในช่วงนี้การเพิ่มความหนาของชั้นวัสดุจะทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ดังนั้นต้องกำหนดความหนาของชั้นวัสดุที่เหมาะสมด้วย (Somogyi and Lun, 1986)

(5) ปัจจัยอื่น ๆ

นอกจากอุณหภูมิของลมร้อน ความเร็วของลมร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ และความหนาของชั้นวัสดุอบแห้งแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการอบแห้ง เช่น การสลับตำแหน่งของถาดบรรจุวัสดุขณะทำการอบแห้ง ขนาดของชิ้นวัสดุอบแห้ง (Williams, 1976)

2.2.3 ความชื้นในวัสดุ

เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้งซึ่งแสดงได้ 2 แบบ คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก หมายถึง การเทียบปริมาณความชื้นกับน้ำหนักรวมของของแข็ง

$$M_w = \frac{(w - d)}{w} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก % (wet basis)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ความชื้นมาตรฐานแห้ง หมายถึง การเทียบปริมาณความชื้นกับของแข็งเท่านั้น

$$M_d = \frac{(w - d)}{d} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง % (dry basis)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

จากสมการ (2.1) และ (2.2) ทำให้ทราบว่าค่าความชื้นมาตรฐานเปียกนั้น จะมีค่าไม่เกิน 100 % ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนั้นอาจมีค่าเกิน 100 % ก็ได้

1) การคำนวณหาอัตราการอบแห้ง

$$\text{อัตราการอบแห้ง (DR)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อหมู}}{\text{ระยะเวลาในการอบแห้ง}} \quad (2.3)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kg/hr)

2) การคำนวณหาการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

$$\text{การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC)} = \frac{\text{การสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้ง}}{\text{อัตราการระเหยน้ำ}} \quad (2.4)$$

เมื่อ SEC คือ การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)

3) อัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio, MR) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในวัสดุเทียบกับ ความชื้นเริ่มต้นเมื่อเวลาการอบแห้งดำเนินไปที่เวลาใดๆเขียนเป็นสมการได้

$$MR = \frac{M_T - M_{eq}}{M_o - M_{eq}} \quad (2.5)$$

เมื่อถือว่าค่าความชื้นสมดุลมีค่าน้อยมากเทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น $M_{eq} << M_T$ และความชื้นที่เวลาใดๆ $M_{eq} << M_T$ จึงละค่าความชื้นสมดุลในสมการข้างต้น ทำให้สามารถเขียนสมการ ได้ใหม่

$$MR = \frac{M_T}{M_o} \quad (2.6)$$

เมื่อ MR คือ อัตราส่วนความชื้น

M_T คือ ความชื้นของวัสดุที่เวลาใดๆ *(%*dry basis)

M_o *คือ* ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ *(%*dry basis.)

M_{eq} คือ ความชื้นสมดุลของวัสดุ *(%*dry basis.)

2.2.4 การหาค่าความร้อน

1) ค่าความร้อนจำเพาะ คือ ค่าพลังงานความร้อนของสารที่ได้รับหรือคายออกมาซึ่งทำให้น้ำ 1 kg มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 °K

$$Q_s = mc_p\Delta T \quad (2.7)$$

เมื่อ Q_s คือ ค่าความร้อน (kJ)

m คือ มวล (kg)

c_p คือ ค่าความจุความร้อนร้อนจำเพาะ (kJ/kg·K)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

2) ค่าความร้อนแฝง คือ ค่าความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนสถานะ โดยไม่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไปค่าพลังงานที่สาร 1 kg ได้รับขณะเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่ เรียกว่า ความร้อนแฝงจำเพาะ มี 2 ชนิด คือ

- ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ หมายถึง พลังงานความร้อนที่สาร 1 kg ใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ ณ จุดเดือดของสารนั้น
- ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลว พลังงานความร้อนที่สาร 1 kg ใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว ณ จุดหลอมเหลวของสารนั้นสามารถหาได้จากสมการ

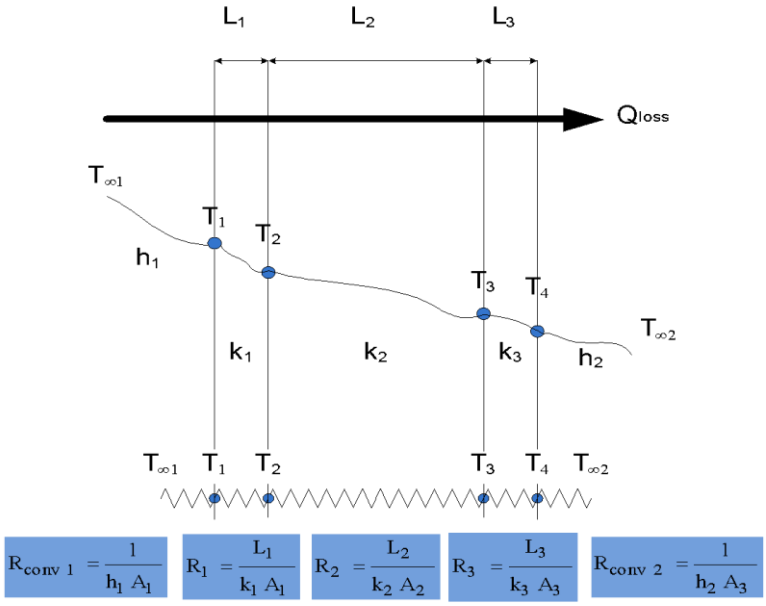
$$Q_L = m_W h_{fg} \quad (2.8)$$

เมื่อ Q_L คือ ค่าความร้อนแฝง (kJ)

m_W คือ มวลของน้ำ (kg)

h_{fg} คือ ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร (kJ/kg)

2.2.5 การสูญเสียความร้อนผ่านผนัง



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการสูญเสียความร้อนผ่านผนังห้องอบ

การสูญเสียความร้อนผ่านผนังหาได้จากสมการ

$$Q_{loss} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{total}} \quad (2.9)$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_1 A_1} + \frac{L_1}{k_1 A_1} + \frac{L_2}{k_2 A_2} + \frac{L_3}{k_3 A_3} + \frac{1}{h_2 A_3} \quad (2.10)$$

เมื่อ Q_{loss} คือ อัตราการสูญเสียความร้อนผ่านผนัง (W)

$T_{\alpha 1}$ คือ อุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง (K)

$T_{\alpha 2}$ คือ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (K)

R_{total} คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม (K/W)

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$)

k คือ ค่าการนำความร้อน ($W/m \cdot K$)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของผนัง (m^2)

2.2.6 ฉนวนความร้อน

ฉนวนความร้อนโดยทั่วไปหมายถึง วัตถุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้นมี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายๆ วิธีพร้อมกันได้แก่ฉนวนความร้อนมีหลากหลายชนิด ประยุกต์ใช้ตามลักษณะของงานและวัสดุที่จะใช้ฉนวนความร้อน รวมถึง วัตถุประสงค์ของการใช้งานและงบประมาณของราคาที่ผู้ใช้ตั้งไว้ด้วย การเลือกใช้ฉนวนความร้อนกับผิววัสดุแต่ละชนิดหนาบางไม่เท่ากัน ผู้ที่จะติดตั้งฉนวนความร้อนต้องวิเคราะห์และเข้าใจเนื้องานก่อนวางแผนลงมือทำการติดตั้งฉนวนความร้อนในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อให้งานออกมาดีและได้ผลตามเกณฑ์มาตรฐานที่มีประสิทธิภาพเต็มร้อย ดังนั้นจะเห็นว่าการที่จะติดตั้งฉนวนความร้อนสักงานหนึ่งนั้นไม่ว่างานเล็กหรืองานใหญ่ขนาดใดก็ตาม ถ้าต้องการให้ออกมาดีมีคุณภาพได้มาตรฐานนั้น ต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ในการติดตั้งฉนวนความร้อนที่มีความเชี่ยวชาญและชำนาญสูงจริง ๆ ผลงานจึงจะออกมาได้ดีดั่งที่ต้องการและได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่

(1) คุณสมบัติของฉนวนความร้อนที่ดี

ในการใช้งานฉนวนความร้อนหรือฉนวนกันร้อน จะต้องเลือกให้ตรงกับวัตถุประสงค์และตามชนิดการใช้งานของฉนวนความร้อน คุณสมบัติที่ดีนั้นพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักเบา และมีค่าความหนาแน่นน้อย
2. มีค่าการนำความร้อนต่ำ คือการให้ความร้อนไหลผ่านฉนวนได้ยาก
3. มีความคงทนต่อแรงอัดและแรงดึงได้เป็นอย่างดี
4. มีอัตราการดูดซับความชื้นที่ต่ำหรือไม่มีเลยยิ่งเป็นการดีมาก
5. มีความสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดี
6. เปลี่ยนรูปได้ยาก และมีความคงตัวสูง
7. มีความทนต่อการติดไฟได้ดี (ไม่ติดไฟ)
8. สามารถใช้ได้กับอุณหภูมิที่กว้างหรือทุกระดับได้
9. ติดตั้งง่ายและสะดวก

ในการเลือกใช้ฉนวนความร้อนให้ถูกต้องจำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนความร้อนประเภทต่างๆ ก่อน ฉนวนความร้อนโดยทั่วไปแล้ว เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็กๆ (Close cell) และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ (Totally Enclosed) เรียกว่า ฉนวนมวลสาร (Mass Insulation) นั่นเอง ช่องเล็กๆ เหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด (Flakes) เส้นใย (Fibers) ปมแข็ง (Nodules

of Solids) หรือเซลล์ของตัววัสดุนั้นเอง ยกเว้นฉนวนสะท้อนความร้อน (Reflective Insulation) ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนความร้อนแบบใดนั้นต้องปรึกษาผู้รู้หรือกูรูมืออาชีพในงานที่เกี่ยวข้องกับฉนวนความร้อนก่อน เพื่อวิเคราะห์ถึงภาพโดยรวม ซึ่งจะทำให้การออกแบบฉนวนความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการประการสำคัญผลประโยชน์ต่างๆที่ได้รับจะตกอยู่กับเจ้าของอาคารสถานที่หรือโรงงานที่ติดตั้งฉนวนความร้อนโดยตรง คุ้มค่ากับการลงทุนติดตั้ง ได้รับประโยชน์เต็มเม็ดเต็มหน่วยตามที่ต้องการ

(2) สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้ฉนวนความร้อน มีดังนี้

1.ประเภทของวัสดุ ควรเลือกทำจากวัสดุที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศอยู่ภายใน เพราะคุณสมบัติของเส้นใยที่โยงใยขัดกันทำปฏิกิริยากับอากาศ เป็นตัวช่วยในการลดอุณหภูมิได้สูงมากกว่าวัสดุที่ใช้หลักการสะท้อนความร้อน เพราะเมื่อหมดความมันเงา จากการโดนฝุ่นหรือสิ่งสกปรก จะทำให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนความร้อนลดลงหรือเสื่อมลงไปทันที

2.ประสิทธิภาพการต้านทานความร้อน ฉนวนความร้อนที่ดีต้องระบุค่าต้านทานความร้อน (ค่า R) หากไม่มีการระบุไว้ก็ไม่ควรจะเลือกใช้ ยิ่งค่าต้านทานความร้อน ค่า Rสูงมากเท่าไรก็จะยิ่งมีประสิทธิภาพในการกันความร้อนได้สูงมากเท่านั้น

3.ระบบการติดตั้ง ควรเลือกระบบการติดตั้งแบบใช้การฉีดพ่น เพราะจะทำให้เกิดช่องว่างหรือรอยต่อ (GAP) น้อยที่สุด เพราะระบบนี้จะทำให้เนื้อของฉนวนความร้อนสามารถเข้าไปได้ทุกซอก ทุกมุม ได้ทุกรูปแบบของงานสถาปัตยกรรม จากการวิจัยพบว่า หากเกิดช่องว่างที่ฉนวนแม้เพียง 5% จะทำให้ประสิทธิภาพค่าต้านทานความร้อนลดลงไปได้ถึง 50%

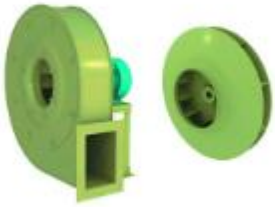
4.คุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ฉนวนชนิดนี้มีอายุการใช้งานมากน้อยแค่ไหน มีใบรับประกันคุณภาพหรือไม่ มีสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือไม่

2.2.8 พัดลมหอยโข่ง

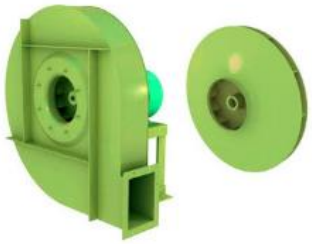
พัดลมแรงเหวี่ยง หรือพัดลมหอยโข่ง มีชื่อมาจากลักษณะการทำงานของลม เป็นพัดลมที่ทำงานตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม ลักษณะพัดลมแรงเหวี่ยง(Centrifugal fan) ลมจะเกิดจากการหมุนของใบพัดที่ติดกับวงล้อ โดยการหมุนของล้อจะเกิดจากต้นกำลังจากภายนอก ทั้งพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้า แรงพลังงานกลอื่นๆ ที่ใช้เพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการเคลื่อนที่และใบพัดหมุน ได้ อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วแรงขึ้นๆ อากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวโครงพัดลม Blower Housing ที่มี ลักษณะคล้ายก้นหอยและไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด แนว ลมที่ออกจะตั้งฉากกับเพลาของล้อพัดลมที่มีใบพัดเป็นตัวดึงลม พลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ปากทางออกของ พัดลมในแนวตั้งฉากกับเพลาของล้อพัดลม ลักษณะของใบพัดลมหอยโข่ง มีหลายลักษณะ เช่น Forward Curve, Backward Curve, Backward Inclined, Backward Airfoil, Radial ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะของความดันลม ปริมาณลม ความสกปรกของอากาศ



รูปที่ 2.5 พัดลมแรงเหวี่ยง ช่วงแรงดันต่ำ



รูปที่ 2.6 พัดลมแรงเหวี่ยง ช่วงแรงดันปานกลาง



รูปที่ 2.7 พัดลมแรงเหวี่ยง ช่วงแรงดันสูง

2.2.9 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์พัดลม

การคำนวณหาขนาดมอเตอร์หาได้จากสมการ

$$P_{motor} = \frac{\rho_a h_L g Q}{\eta_m \eta_f} \qquad (2.25)$$

เมื่อ P_{motor} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องให้กับมอเตอร์ (W)

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

h_L คือ ความดันสูญเสียทั้งระบบ (N/m^3)

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของระบบ (m^3/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

2.2.10 อัตราการไหล

สามารถหาได้จากสมการ

$$Q = Av \tag{2.26}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของระบบ (m^3/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อลม (m^2)

V คือ ความเร็วของอากาศ (m/s)

2.2.12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือ เครื่องมือที่ใช้สาหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่งโดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งเพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในระบบต่างๆทางวิศวกรรมอย่างกว้างขวางวิศวกรที่จะออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้นั้นจะต้องมีความรู้ในการคำนวณหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนการส่งผ่านของความร้อนและความรู้ทางกลศาสตร์ของไหล

ในปัจจุบันกระบวนการอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนส่วนใหญ่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นองค์ประกอบ เช่น อุตสาหกรรมน้ำมัน ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกใช้สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันดิบสำหรับเปลี่ยนสภาวะของไอที่ออกมาจากหอกลั่นให้เป็นของเหลวและสำหรับการลดอุณหภูมิของน้ำมันหรือ ก๊าซในทำนองเดียวกันกับในอุตสาหกรรมปุ๋ย อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ และอุตสาหกรรมอื่นๆก็ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเพิ่มอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิ หรือหมุนเวียนความร้อนจากของไหลกลับมาใช้ใหม่

หน้าที่หลักของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก็คือการนำเอาพลังงานความร้อนมาใช้อย่างถูกหลักการและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นวิธีใช้และเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งสัมพันธ์กับต้นทุนของกระบวนการและอาจมีผลต่อราคาของผลิตภัณฑ์ การเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะต้องทำอย่างระมัดระวัง เงื่อนไขที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมก็คือประสิทธิภาพในการทำงานสูง ปลอดภัยและราคาถูก

ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Type of Heat Exchangers)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีหลายแบบ การจำแนกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอาจทำได้โดยอาศัยทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้วจะจำแนกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric tube or Double pipe) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้อาจอยู่ในลักษณะที่ท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกัน ส่วนการไหลของของไหลอาจไหลสวนทางกัน เรียกว่า Counter flow หรือไหลขนานกัน เรียกว่า Parallel flow

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน (Cross flow) ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้ของไหลจะไหลในทิศทางตั้งฉากกัน การสร้างนั้น อาจให้อยู่ในลักษณะของไหลเที่ยวเดียว (Single pass) หรือไหลสองเที่ยว (Double pass) หรือมากกว่า ก็ได้

3. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and tube) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ของไหลอย่างหนึ่งจะอยู่ในเชลล์และอีกอย่างหนึ่งจะอยู่ในท่อ สำหรับการไหลนั้น จะอยู่ในลักษณะไหลสวนทางหรือไหลขนานกันก็ได้หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกัน ก็ได้นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็ได้

2.2.13 การคำนวณหาปริมาณลม

ใช้วิธีสมดุลมวลความชื้นที่ระเหยออกจากผลิตผลเท่ากับปริมาณไอน้ำที่เพิ่มขึ้น จะได้ว่า

$$\left(W_f - W_i\right) \times m_a T = \left(M_i - M_f\right) \times d \qquad (2.35)$$

เมื่อ m_a คือ อัตราการไหลมวลอากาศ (kg/hr)

T คือ เวลา (hr)

d คือ มวลแห้งพืชผล (kg)

W_i คือ ความชื้นในอากาศหลังการอบแห้ง (kg/kg dry air)

W_f คือ ความชื้นในอากาศก่อนการอบแห้ง (kg/kg dry air)

M_i คือ อัตราส่วนความชื้นเริ่มต้น % (dry basic)

M_f คือ อัตราส่วนความชื้นสุดท้าย % (dry basic)

2.2.14 หากำลังงานของปั๊มจากสมการ

$$P_{pump} = \gamma Q_f H \qquad (2.36)$$

เมื่อ P_{pump} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องให้กบมอเตอร์ (W)

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (N/m^3)

Q_f คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของระบบ (m^3/s)

H คือ ความดันสูญเสียทั้งระบบ (m)

(1) หาความสูญเสียทั้งหมดของการไหลในท่อ

$$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}+Z_1=\frac{P2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g}+Z_2+h_L+h_m \qquad (2.36)$$

เมื่อ P คือ ความดัน (N/m^2)

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (N/m^3)

v คือ ความเร็ว (m/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

Z คือ ความสูงทั้งระบบ (m)

h_L คือ ค่าสูญเสียความดันหลักเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อ (m)

h_m คือ ค่าความสูญเสียรอง (m)

2.2.15 แก๊สแอลพีจี

แก๊สแอลพีจี (liquefied petroleum gas: LPG) จัดเป็นเชื้อเพลิงอีกชนิดหนึ่งที่มาจากซากดึกดำบรรพ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันหรือการแยกแก๊สธรรมชาติ ในโรงแยกแก๊สธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ แก๊สโพรเพน และแก๊สบิวเทน มีคุณสมบัติที่หนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะสะสมตามพื้น เมื่อโดนประกายไฟสามารถลุกไหม้ได้ แก๊สเป็นแก๊สที่สามารถเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลวได้ ภายใต้ความดันตั้งแต่ 6-7 บาร์ ส่วนขีดจำกัดการติดไฟ คือประมาณ 2-9.5% โดยปริมาตร ซึ่งหมายความว่า ถ้ามีปริมาณแก๊สแอลพีจี ตั้งแต่ 2% ขึ้นไป สามารถจะลุกติดไฟได้ ส่วนอุณหภูมิติดไฟจะประมาณ 480 °C

การผลิตแก๊สแอลพีจี มีปริมาณ 180.36 ล้านกิโลกรัมต่อเดือนมาจากโรงแยกแก๊ส 96.66 ล้าน kg จากโรงกลั่น 73.44 ล้าน kg และจากโรงงานปิโตรเคมี 10.26 ล้านกิโลกรัม (ข้อมูลเฉลี่ย ณ สิ้นปี 2549) ซึ่งจะมาจาก 3 แหล่งหลัก คือ

1. โรงแยกแก๊ส ปตท. ซึ่งมีสัดส่วนการผลิตที่ 54%
2. โรงกลั่นน้ำมัน มีสัดส่วนการผลิตที่ 40%
3. โรงงานปิโตรเคมีมีสัดส่วนการผลิตที่ 6%

แอลพีจี 1 kg ค่าความร้อน = 50.22 MJ 1 ลิตร ค่าความร้อน = 26.62 MJ (1 ลิตร= 0.53 kg)

(1) หัวเตาอินฟราเรด



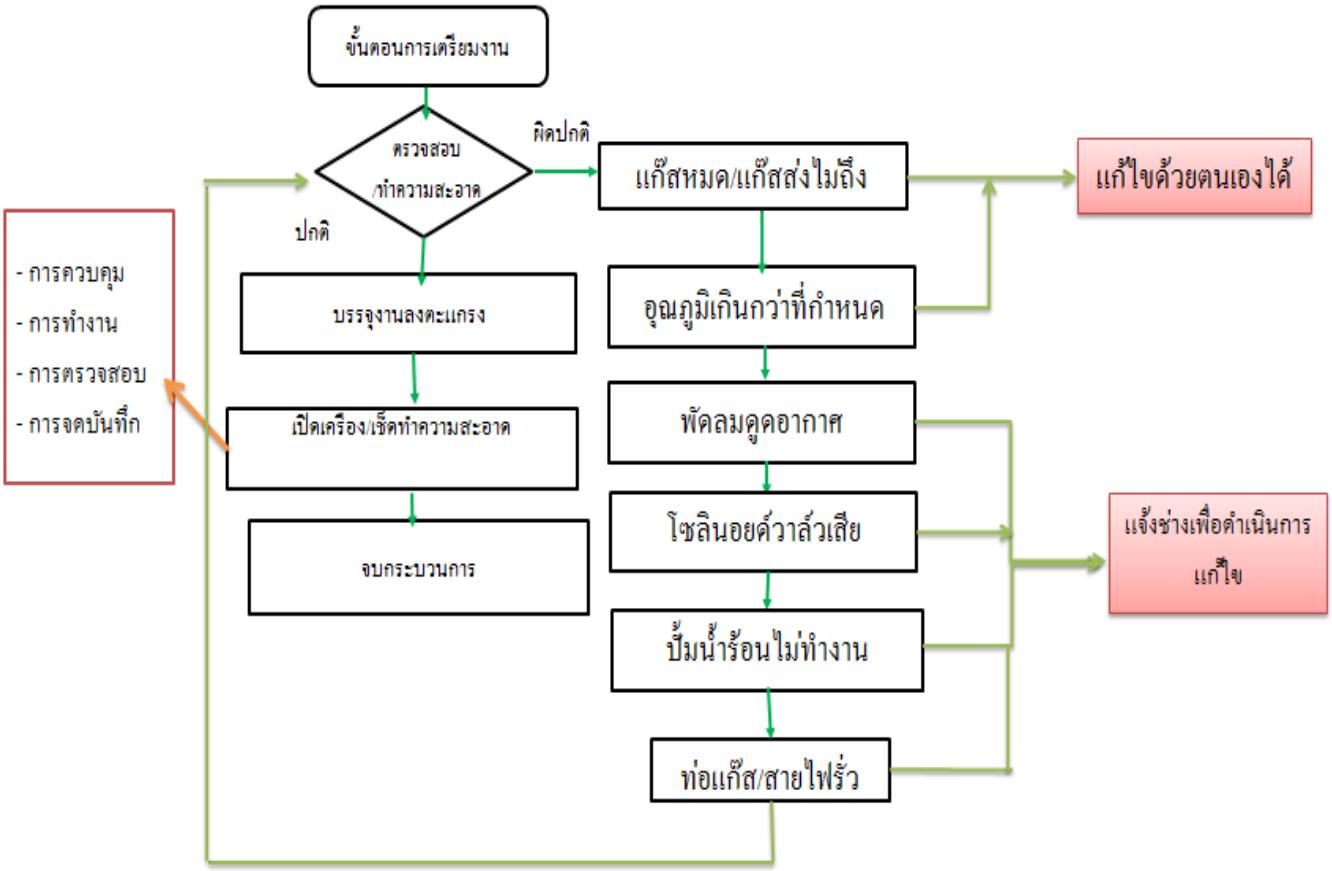
รูปที่ 2.8 หัวเตาอินฟราเรด

หัวเตาอินฟราเรดจะมีลักษณะเป็นรูพรุน ผลิตจากแผ่นเซรามิคทนความร้อนสามารถทนความร้อนได้ในระดับดี สำหรับข้อดีของหัวเตาประเภทนี้คือ

1. ไม่มีการเผาไหม้แบบเปลวไฟ รังสีความร้อนที่ให้ความร้อนสูง ไม่ทำให้เกิดควันดำ ไม่ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ
2. เปลวไฟให้พลังงานเชื้อเพลิงเต็มที่
3. ประหยัดแก๊สมากกว่าเตาแก๊สธรรมดา 40% และให้ความร้อนได้สูงกว่า 20%
4. สามารถใช้ในการย่างอาหารได้โดยตรงโดยไม่มีกลิ่นแก๊สติดอาหาร
5. หัวแก๊สอินฟราเรดไม่ก่อให้เกิดการระเบิด หรือ สปาร์คเมื่อจุดแก๊ส

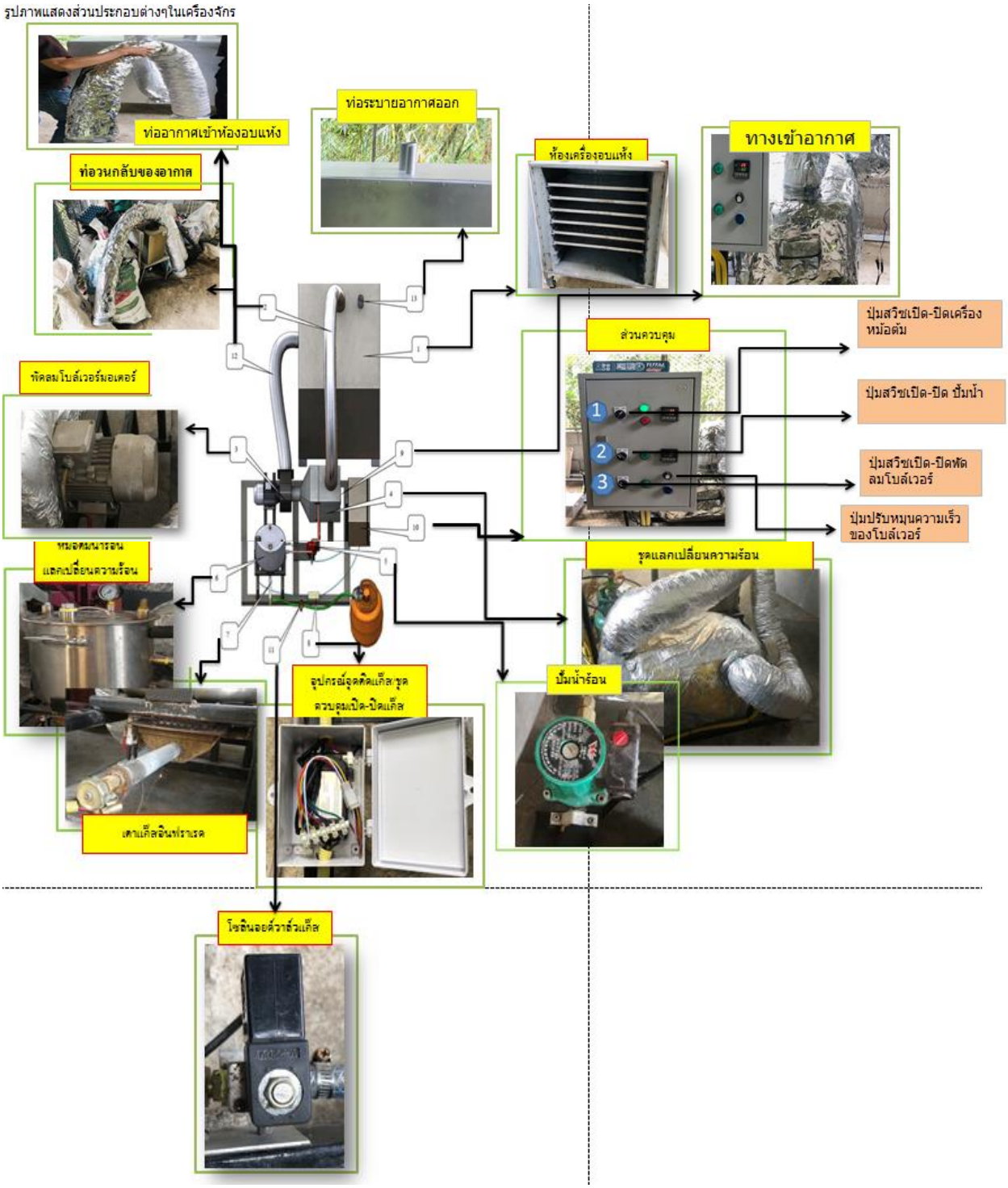
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ลำดับขั้นตอนในการทำงานของเครื่องอบแห้ง



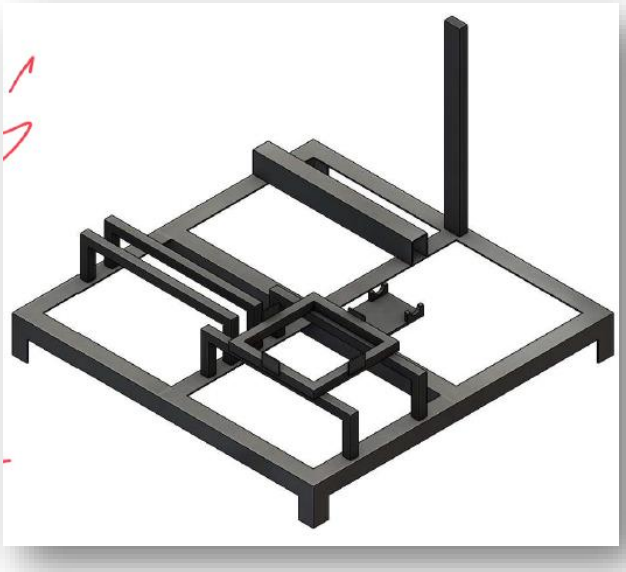
รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังลำดับขันตอนการทำงานของเครืองอบแห้ง

3.2 รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่องเตาอบด้วยพลังงานน้ำ



3.3 โครงสร้างชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

1. ฐานชุดแลกเปลี่ยนความร้อนสร้างจากเหล็กฉากขนาด 50.8 x 50.8 mm หนา 3 mm และเหล็กกล่องขนาด 25.4 x 25.4 mm หนา 2 mm ตามแบบหมายเลข A-01



ฐานรองชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

2. ห้องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 453x280x330 mm แผ่นเหล็กหนา 3 mm ชุบ ด้วยซิงค์ หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ด้านในจะมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งอยู่ ตามแบบหมายเลข A-02 , A-03



ห้องแลกเปลี่ยนความร้อน

3. หม้อต้มน้ำร้อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 280 mm สูง 280 mm หนา 1.3 mm มีความจุ 18.2 ลิตร ท่อทางเข้าและทางออกของน้ำเป็นเกลียว 3/4”NPT และเกลียวสำหรับติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลตรงกึ่งกลางของหม้อต้มน้ำร้อนเป็นเกลียว 1/2”NPT และท่อด้านบนเป็นเกลียว 1/2”NPT จำนวน 3 ท่อ สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย และท่อเติมน้ำด้านบนเป็นเกลียว 1”NPT ตามแบบหมายเลข A-04



หม้อต้มน้ำร้อน

4. แผงแลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาด 265x279x100 mm ขนาด 1.05 kW ใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.525 mm จำนวน 54 ท่อ ในการนำความร้อน และใช้ครีบอะลูมิเนียมขนาด 270x80x0.30 mm ตามแบบหมายเลข A-05



แผงแลกเปลี่ยนความร้อน

5. ปั้มน้ำร้อนขนาด 120x120x130 mm มีอัตราการไหล 0.4 kg/s อุณหภูมิใช้งาน สูงสุด 110 °C ความดันสูงสุด 5 bar 100 W ดังนั้นทางกลุ่มจึงเลือกใช้ปั้มน้ำร้อน ยี่ห้อ PBG-6 Q/TCL S04-2006 220V/50Hz



ปั้มน้ำร้อน

6. โซลินอยด์วาล์วแก๊ส ยี่ห้อ AIRTAC AC 220 V ขนาดเกลียว 1/4” ความดันใช้งาน 0 - 10kgf/cm2



โซลินอยด์วาล์วแก๊ส

7. พัดลมโบลเวอร์มอเตอร์ AC 220V 50Hz ,375W มีอัตราการไหล 700 CFM ความดัน 1217 Pa



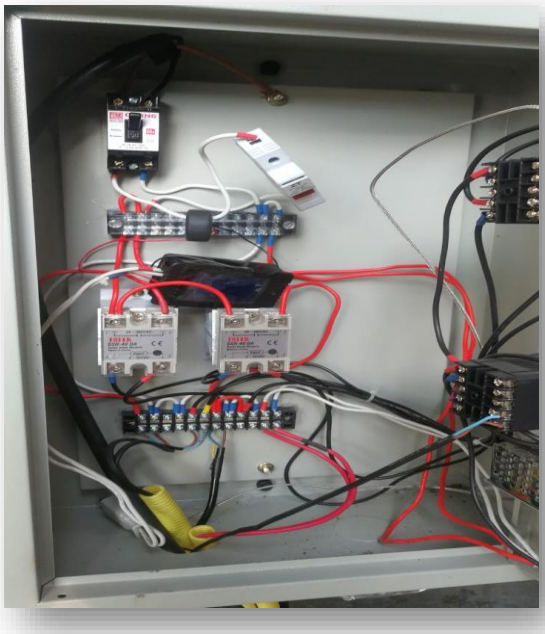
พัดลมโบล์เวอร์มอเตอร์

8. เตาแก๊สแบบอินฟราเรดที่มีอัตราการไหลเชิงมวลเท่ากับ 0.2 kg/hr



เตาแก๊สอินฟราเรด

9. กล่องควบคุมระบบการทำงานของเครื่องเตาอบแห้ง โดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน มีขนาด 350 x 520 x 170 mm



กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องเตาอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อน

3.4 เนื้อหาการฝึกอบรมตามหลักสูตร

ความหมายของการอบแห้ง (Drying)

การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง หรือการลดความชื้นในวัสดุนั้นๆ โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัสดุนั้นๆด้วย ในการอบ เมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง เครื่องอบโดยส่วนมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลได้ (yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

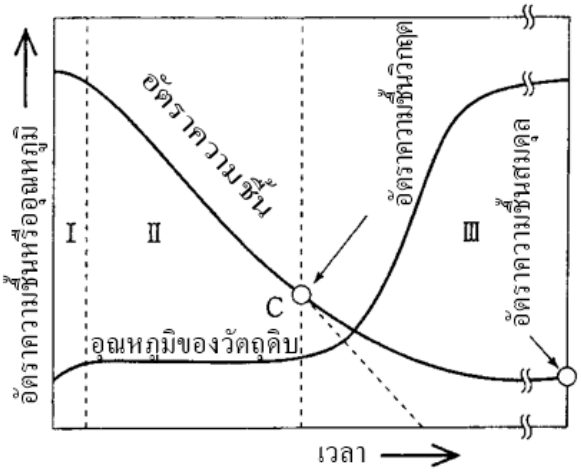
อัตราความชื้น

ในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ จะสามารถแสดงได้ด้วยปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (ค่า wet base) หรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (ค่า dry base) ในขณะที่อบมวลรวมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อคำนวณความชื้นแบบ wet basis จะทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการคำนวณทางอุตสาหกรรม จะใช้ค่าความชื้น ที่คำนวณแบบ dry basis ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เนื่องจากมวลแห้งนี้มีค่าคงที่ตลอดการอบ จึงมีความสะดวกมากกว่า ถ้าให้ความชื้นที่ wet basis เท่ากับ ω_w และให้ความชื้นที่ dry basis เท่ากับ ω_d แล้ว ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กัน ดังต่อไปนี้

$$\omega_w = \text{[kg-น้ำ/kg-วัตถุดิบเปียก]}$$
$$\omega_d = \text{[kg-น้ำ/kg-วัตถุดิบแห้ง]}$$

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบ

เมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสลมร้อนแล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูป 3.1ซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ (I) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ (II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง



รูปที่ 3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ

(I) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ

ช่วง I เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุดิบ ในกรณีที่วัตถุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

(II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่

ในช่วง II วัตถุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ชั้นของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุดิบโดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ โดยอัตราความชื้นของวัตถุดิบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

(III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง

เมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุดิบจะซึมขึ้นมาทดแทน ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อยๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

ประเภทของเครื่องอบกับการเลือกใช้

1. ขั้นตอนการเลือก

ลักษณะของวัตถุดิบที่จะนำมาอบจะมีความหลากหลาย ในการเลือกตู้อบจะยึดตามลักษณะความชื้นของวัตถุดิบเป็นหลัก หลังจากนั้นจึงพิจารณาถึงปริมาณการผลิต รูปแบบของกระบวนการ (ต่อเนื่องหรือ batch) รวมทั้งคุณลักษณะของกระบวนการและคุณลักษณะของตู้อบ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการเดินเครื่อง พิจารณาขนาดกำลังการผลิตของตู้อบ เลือกอุปกรณ์ประกอบต่างๆ รวมทั้งเครื่องป้อน-ถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้อบ แล้วคำนวณค่าเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง เมื่อออกแบบพื้นฐานได้เป็นรูปธรรมแล้ว ยังต้องทำการทดสอบอบภายใต้เงื่อนไขที่ใกล้เคียงที่สุดกับเงื่อนไขการอบที่คาดการเอาไว้อีกด้วย ในการทดสอบจะทำการตรวจสอบคุณลักษณะการอบ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พฤติกรรมของวัตถุดิบภายในเครื่องอบ ฯลฯ ผลจากการทดสอบ อาจทำให้ต้องย้อนกลับไปพิจารณาเลือกชนิดของตู้อบใหม่เลยก็ได้ การทดสอบจะเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ไม่สามารถคาดการเกี่ยวกับคุณลักษณะของวัตถุดิบได้

2. การแบ่งประเภท

ตารางที่ 3.1 จะแบ่งประเภทตู้อบเอาไว้ตามวิธีการรับความร้อนและสภาพของวัตถุดิบภายในตู้อบ ในจำนวนตู้อบประเภทต่างๆ จะมีสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 เครื่องอบประเภทต่างๆ

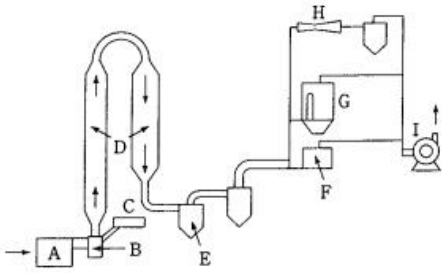
	สภาพของวัตถุดิบ	เครื่องอบ	การเดินเครื่อง	กระแสของลมร้อน	กำลังผลิต	วัตถุดิบที่เหมาะสม	
						ดีมาก	ดี
รับความร้อนด้วยลมร้อน	ปลิวไปกับลมร้อน	flash dryer	ต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	2, 3	
		spray dryer	ต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	1, 2	
	กวน	drying tumbler,through-flow drying tumbler	ต่อเนื่อง	ขนาน ไหลผ่าน กระเจิง	สูง	3, 4, 5	
		bezel stirring dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน (ขนาน)	สูง	3	
		fluidized bed dryer	batch หรือต่อเนื่อง	กระเจิง	สูง	3	
		multistage disk dryer	ต่อเนื่อง	ขนาน	สูง		3
	วางนิ่ง	tray dryer	batch	ขนาน	ต่ำ	7	2, 4
				ไหลผ่าน		2, 5, 6	3, 4, 7
	เคลื่อนที่	tunnel dryer	ต่อเนื่อง	ขนาน	สูง	2, 7, 8	4, 5, 9
		nozzle jet dryer	ต่อเนื่อง	กระแสชนกัน	สูง	8, 9	
		band dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	2, 5, 6	3, 4, 7
		turbo dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	3	
		vertical dryer	ต่อเนื่อง	ไหลผ่าน	สูง	3, 4	
รับความร้อนด้วยการนำความร้อน	กวน	bezel, disk stirring dryer (ความดันปกติ สุญญากาศ)	batch หรือต่อเนื่อง		ต่ำ	2, 3	
		steam heated tube bundle drying tumbler	ต่อเนื่อง		สูง	3, 4, 5	
	วางนิ่ง	vacuum,freeze tray dryer	batch		ต่ำ	10	2, 3
	เคลื่อนที่	drum dryer	ต่อเนื่อง		ต่ำ	1, 2	
		multi-disk dryer	ต่อเนื่อง		สูง	8	
อื่นๆ	เครื่องอบอินฟราเรด		batch หรือต่อเนื่อง		ทั้งต่ำและสูง	9	8
	เครื่องอบไมโครเวฟ		batch หรือต่อเนื่อง		ทั้งต่ำและสูง		7

(หมายเหตุ) ประเภทของวัตถุดิบ 1. วัตถุดิบที่เป็นของเหลวหรือ Slurry 2. วัตถุดิบที่เป็นครีม 3. วัตถุดิบที่เป็นผง 4. วัตถุดิบที่เป็นก้อน
5. วัตถุดิบที่เป็นเกล็ด 6. วัตถุดิบที่เป็นเส้นใยสั้นๆ 7. วัตถุดิบหล่อ 8. วัตถุดิบที่เป็นแผ่นบางต่อเนื่อง 9. ผิวที่ทาเคลือบไว้ 10. วัตถุดิบแข่แข็ง

2.1 วิธีรับความร้อนด้วยลมร้อน

2.1.1 ตู้อบแบบแฟลช (flash dryer)

ตู้อบแบบนี้จะใช้วิธีเป่าวัตถุดิบที่เป็นผงชื้นเข้าไปในกระแสลมอุณหภูมิสูงภายในท่อตั้ง ลมจะเป่าวัตถุดิบให้ปลิวฟุ้งเพื่ออบให้แห้งอย่างรวดเร็ว ผงวัตถุดิบเมื่อแห้งแล้วจะลอยออกไปกับลมร้อน และเข้าสู่กระบวนการแยกด้วยการกรอง หรือใช้ไซโคลนอีกขั้นตอนหนึ่ง ตู้อบชนิดนี้เป็นมีโครงสร้างง่ายที่สุด แต่เนื่องจากมีระยะเวลาอบสั้นเพียงไม่กี่วินาที จึงไม่เหมาะกับการอบขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวัตถุดิบจะปลิวฟุ้งอยู่ในกระแสอากาศ อัตราความชื้นวิกฤตจึงมีค่าต่ำมาก นอกจากนั้น ยังเดินเครื่องด้วยกระแสราบเรียบ จึงสามารถใช้ลมร้อนอุณหภูมิสูง 400-600 °C ได้ ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพความสูง รูป 3.2 แสดงตัวอย่างของเครื่องอบแบบนี้

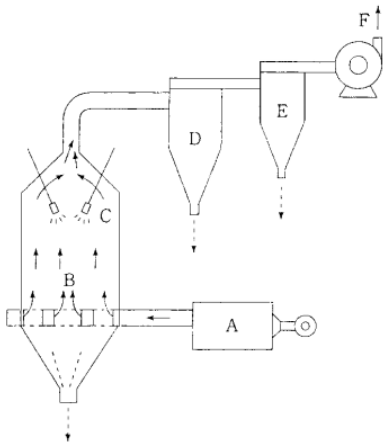


A.	hot blast stove	E.	cyclone
B.	beater หรือ disperser	F.	Cottrell dust collector
C.	เครื่องป้อนวัตถุดิบ	G.	bag filter
D.	flash tube (ท่อขึ้นหรือท่อลง)	H.	ventury scrubber
		I.	exhaust fan

รูปที่ 3.2 เครื่องอบ flash dryer

2.1.2 ตู้อบแบบสเปรย์ (spray dryer)

วิธีอบของเครื่องอบแบบสเปรย์ จะใช้กับสารละลาย และวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้น (slurry) และครีม ดังนั้น จึงมีวิธีการแตกต่างไปจากวิธีอบน้ำที่เกาะบนอนุภาคทั่วไป โดยนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปพ่นเป็นละอองในกระแสอากาศให้ความร้อน เพื่อให้แห้งเป็นผงก่อนที่จะตกลงมา เนื่องจากในช่วงแรกวัตถุดิบจะมีอัตราความชื้นสูง จึงต้องใช้ปริมาณความร้อนในการระเหยต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยมวลที่มีค่าสูง แต่การอบจะเสร็จสิ้นในเวลารวดเร็วมาก และอนุภาคของผลิตภัณฑ์จะไม่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง วิธีนี้จึงสามารถอบสารที่ไม่เสถียรต่อความร้อนได้ ทำให้ได้อนุภาคเป็นเม็ดกลมกลางอากาศ และยังสามารถปรับขนาดของอนุภาคได้สะดวกด้วยการปรับหัวพ่นละออง และด้วยสมบัติที่ดีเหล่านี้ จึงนำตู้อบแบบนี้มาใช้กับการอบอาหาร ผงซักฟอก เป็นต้น หลักการทำงานแสดงไว้ในรูป 3.3

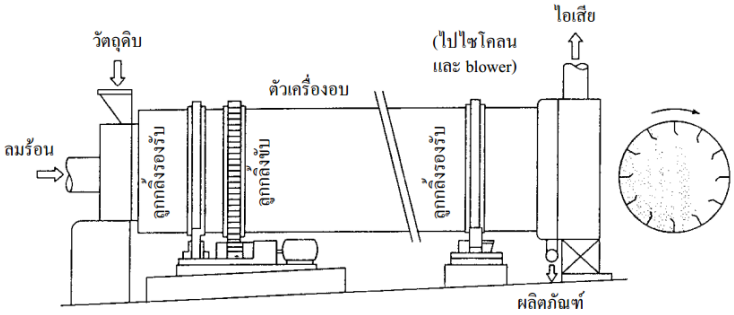


A. hot blast stove
B. spray dryer
C. pressure nozzle
D. primary cyclone
E. secondary cyclone
F. exhaust fan

รูปที่ 3.3 ตู้อบ spray dryer

2.1.3 ตู้อบ drying tumbler

ตู้อบ drying tumbler เป็นเครื่องอบแบบต่อเนื่องที่สำคัญแบบหนึ่ง การเดินเครื่องจะมีเสถียรภาพสูง ใช้กับการอบผงวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ (ปุ๋ย ถ่านหิน สีอนินทรีย์ เป็นต้น) และมีปริมาณวัตถุดิบมาก หลักการทำงานแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 โดยภายในทรงกระบอกซึ่งวางเอียงจะมีครีบสำหรับกวนวัตถุดิบ และเพื่อให้วัตถุดิบสัมผัสกับลมร้อนที่เป่าเข้ามา ทิศทางการป้อนวัตถุดิบและลมร้อนแบ่งเป็นแบบสวนทาง (countercurrent flow) กับแบบป้อนทางเดียวกัน (concurrent flow) วัตถุดิบในตู้จะหล่นลงมาจากครีบกวนเพื่อสัมผัสกับลมร้อนเป็นครั้งๆ



รูปที่ 3.4 เครื่องอบ drying tumbler

ตู้อบแบบ concurrent flow วัตถุดิบจะสัมผัสกับลมร้อนอุณหภูมิสูง แต่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น ที่ส่วนท้ายของเครื่องอบซึ่งวัตถุดิบเกือบแห้งแล้ว จะมีการลดอุณหภูมิของลมร้อนลง จึงช่วยรักษาคุณภาพของวัตถุดิบได้ แต่จะทำให้ลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลงมากๆได้ยาก แต่ถ้าใช้ตู้อบแบบ countercurrent flow จะสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำได้ตามต้องการ แต่ไม่เหมาะสมจะใช้กับวัตถุดิบที่ไวต่อความร้อน เพราะจะวิธีนี้จะทำให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิสูงอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของตู้

2.1.4 ตู้อบแบบ fluidized bed dryer

ใช้วิธีเป่าลมร้อนเข้าไปจากด้านล่างของชั้นวัตถุดิบที่เป็นผงที่วางบนแผ่นที่มีรูพรุน เพื่อให้ผงวัตถุดิบลอยขึ้นและมีการเคลื่อนไหวเสมือนตัวมันเป็นของไหล ตัวอย่างแสดงไว้ในรูปที่ 6 ตู้อบแบบนี้จะมีจุดเด่นดังต่อไปนี้

- ผงวัตถุดิบจะสัมผัสกับก๊าซอย่างรุนแรงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงและเนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตรของผงวัตถุดิบมีค่ามาก จึงมีการถ่ายเทความร้อนรวมได้มาก

- แต่ละอนุภาคจะกระทบกันอย่างรุนแรงในขณะที่ถูกกวนไปมา ทำให้วัตถุดิบมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ

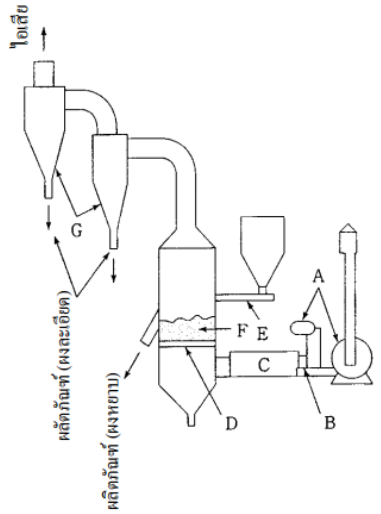
- ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในเครื่องอบสามารถปรับให้เป็นเท่าใดก็ได้ จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องใช้เวลานานในการอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความชื้นต่ำ

<u>ส่วนข้อเสีย</u> มีดังต่อไปนี้

- ไม่สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงและมีการเกาะตัว / รวมตัวสูง เพราะจะไม่สามารถทำให้เกิดสภาพ fluidized ได้

- อนุภาคจะกระเด็นออกมาพร้อมกับก๊าซได้ง่าย

- แผ่นกระจายก๊าซและ fluidized bed ทำให้เกิดความดันสูญเสียสูงจึงต้องใช้ blower เพื่อเป่าอากาศที่มีกำลังสูง

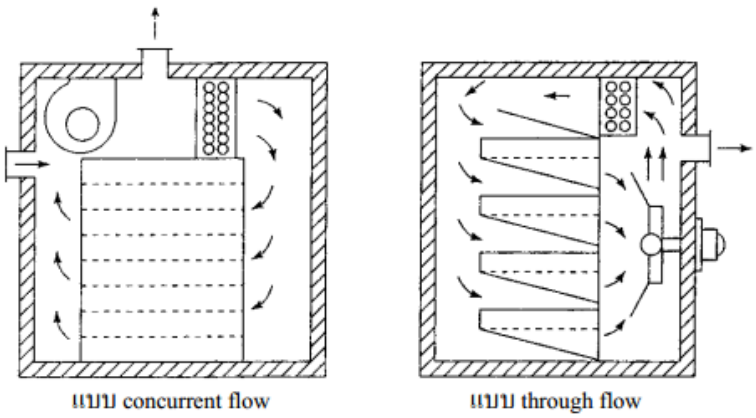


A. blower
B. burner
C. air heater
D. fluidized bed baseplate
E. เครื่องป้อนวัตถุดิบ
F. Fluidized bed
G. Cyclone

รูปที่ 3.5 ตู้อบ fluidized bed dryer

2.1.5 ตู้อบแบบถาด (tray dryer)

ตู้อบแบบนี้ จะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ หรือเป่าตั้งฉากกับก้นถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบ เนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่ง ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกใดๆ ไม่เกิดความเสียหายจากการแตกหัก ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ (batch) จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขการอบเข้มงวด หรืออบวัตถุดิบหลายๆ ชนิดแต่จำนวนน้อยๆ หรือใช้กับการควบคุมแบบโปรแกรมซึ่งค่อยๆ ปรับอุณหภูมิไปตามความเหมาะสม รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของ tray dryer



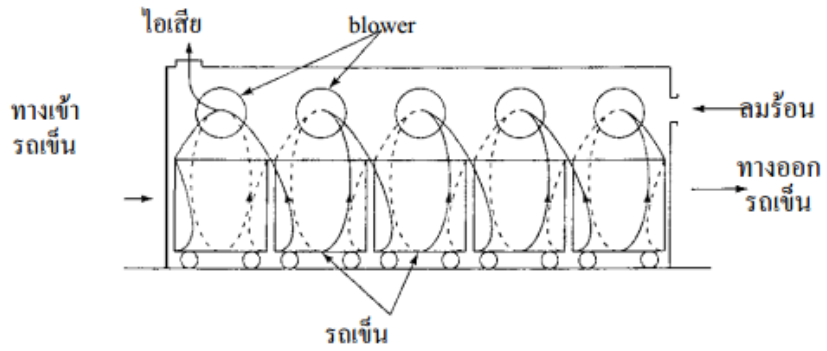
รูปที่ 3.6 เครื่องอบ tray dryer

2.1.6 ตู้อบแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) และ แบบสายพาน (band dryer) แบบต่อเนื่อง

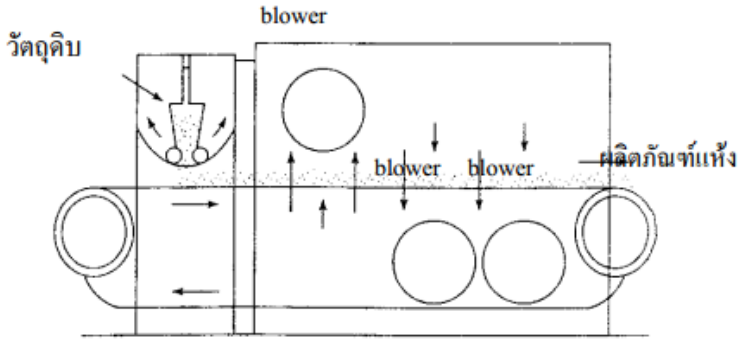
ตู้อบแบบอุโมงค์ จะมีรถเข็น (รูปที่ 3.8) สำหรับเข็นพาวัตถุดิบเข้าในอุโมงค์ แต่ถ้าวัตถุดิบเป็นแผ่นบาง เช่น กระดาษ จะสอดวัตถุดิบผ่านลูกกลิ้งบน-ล่าง ให้ลูกกลิ้งดึงวัตถุดิบเข้าไป แล้วเป่าลมร้อนให้วัตถุดิบเพื่ออบให้แห้ง

ตู้อบแบบสายพานลำเลียง จะวางวัตถุดิบไว้บนสายพานที่ทำจากแผ่นโลหะหรือยางที่มีรูพรุนซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ผ่านมู่เลย์ เพื่อให้วัตถุดิบเคลื่อนตัวสัมผัสกับลมร้อนแล้วทำการอบอย่างต่อเนื่อง รูปที่ 9 แสดงเครื่องอบแบบสายพานลำเลียง

ในเครื่องอบแบบอุโมงค์ และ แบบสายพานลำเลียง จะมีการติดตั้ง blower ที่ส่วนต่างๆ ของเครื่องอบ แล้วใช้ blower แต่ละตัวในการดูดหรือระบายลมร้อนเพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการอบ หรือมีการพ่นลมร้อนส่วนหนึ่งแบบ concurrent flow หรือ countercurrent flow กับวัตถุดิบเพื่อหมุนเวียนลมร้อนด้วย blower แต่ละตัว



รูปที่ 3.7 เครื่องอบ tunnel dryer



รูปที่ 3.8 เครื่องอบ through-flow band dryer

2.1.7 ตู้อบ nozzle jet dryer

เป็นตู้อบที่ใช้อบวัตถุดิบลักษณะแผ่นบางหรือของเหลวที่เคลือบผิวหน้าวัตถุ โดยการพ่นลำลมร้อนจาก slot หรือ nozzle ลงไปให้ตั้งฉากกับเป้าหมาย วัตถุดิบจะถูกอบระหว่างที่เคลื่อนที่ไปบนลูกกลิ้ง แต่จะเป็นการอบเพียงด้านเดียว ซึ่งจะแบ่งเป็นแบบ arch vent แบบสายพานนอน ส่วนในการอบสองด้านจะใช้แบบ floating

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

การอบเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความร้อนในปริมาณค่อนข้างมาก มาตรการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องอบจึงมีความสำคัญมาก ความร้อนสูญเสียที่สำคัญในเครื่องอบมีดังต่อไปนี้

1. ความร้อนที่ออกไปกับอากาศที่ออกจากตู้อบ
2. ความร้อนสูญเสียจากการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีจากเครื่องอบ
3. ความร้อนสูญเสียจากการรั่วของอากาศร้อนจากช่องว่างต่างๆ ของเครื่องอบ

ดังนั้น จึงต้องตรวจสอบการใช้ความร้อนของเครื่องอบและประเภทของการสูญเสียความร้อนให้ชัดเจน แล้วดำเนินมาตรการลดการสูญเสียความร้อนด้วยการหุ้มฉนวน หรือนำไอร้อนความดันต่ำกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีการข้างต้นก็ยังมีขีดจำกัด โดยพื้นฐานแล้ววิธีนำความร้อนมาใช้ประโยชน์ควรจะมีการพิจารณาเชิงโครงสร้างตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบดังต่อไปนี้

1. ในกรณีที่มีกระบวนการรีดน้ำก่อนนำไปอบ ควรจะรีดน้ำด้วยวิธีเชิงกลให้มีอัตราความชื้นต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ การรีดน้ำเชิงกลนี้เช่น การหมุนเหวี่ยงวัตถุดิบ (centrifugation) การกรอง การรีดน้ำด้วยวิธีเชิงกลแม้ว่าจะมีต้นทุนเครื่องจักรสูง แต่ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องจะต่ำกว่าการอบมาก
2. ในช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ วัตถุดิบจะมีอุณหภูมิต่ำตลอดเวลาและการถ่ายเทความร้อนจึงมีประสิทธิผลดี ดังนั้น จึงควรกวนหรือเป่าวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นผงให้ฟุ้งกระจายไปในลมร้อนเพื่อลดอัตราความชื้นวิกฤตให้มีค่าต่ำลง
3. พยายามเพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรหรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมให้มีค่าสูงสุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อทำเช่นนั้นแล้วตัวกลางให้ความร้อนจะมีอุณหภูมิที่ทางออกต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพความร้อนสูงขึ้น
4. ในเครื่องอบแบบใช้ลมร้อน ควรนำไอร้อนที่ปล่อยออกจากตู้อบส่วนหนึ่งมาหมุนเวียนเท่าที่ปริมาตรของเครื่องอบจะยอมให้ทำได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนให้สูงขึ้น

คู่มือการใช้งานและติดตั้งเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน

เพื่อการใช้งานเตาอบให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพื่อยืดอายุการใช้งานเครื่องเตาอบ ทางโครงการจึงแนะนำให้ผู้ใช้อ่านคู่มือการใช้งานโดยละเอียดก่อนการเริ่มใช้งานเครื่องอบด้วยพลังงานน้ำ คู่มือการใช้งานนี้จะแนะนำขั้นตอนการใช้งานและวิธีการติดตั้งเครื่องอย่างปลอดภัย

หลักการทำงาน

เริ่มจากปั๊มน้ำจะดูดน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงไปยังชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอากาศจากภายนอกจะถูกพัดลมดูดผ่านมายังห้องแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นผ่านเข้าไปยังห้องอบเพื่อลดความชื้นของชา อากาศที่ออกมาจากห้องอบแห้งได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ 30% และส่วนที่สองจะหมุนเวียนกลับเข้าในระบบคิดเป็น 70% การควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน เริ่มเมื่ออุณหภูมิของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำกว่า 50องศาอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณไปยังกล่องจุดติดแก๊สอัตโนมัติ และเปิดโซลินอยด์วาล์วแก๊ส เพื่อจุดติดแก๊สและเมื่ออุณหภูมิของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนสูงกว่า 50องศา อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณไปยังโซลินอยด์วาล์วแก๊สเพื่อตัดแก๊ส ซึ่งมีระยะหน่วงของอุณหภูมิอยู่ที่ 2°C การควบคุมอุณหภูมิของห้องอบแห้งโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิห้องอบ เริ่มเมื่ออุณหภูมิของห้องอบ ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณเปิดปั๊มน้ำหมายเลข 5 เพื่อให้น้ำผ่านไปยังห้องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากนั้นเมื่ออุณหภูมิของห้องอบสูงกว่าที่กำหนดไว้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณปิดการทำงานของปั๊มน้ำ หมายเลข 5 ซึ่งมีระยะหน่วงของอุณหภูมิอยู่ที่ 2°C การหน่วงอุณหภูมิทำเพื่อไม่ให้มีการจุและตัดระบบบ่อยจนเกินไป ถือเป็นการดูแลรักษา และยืดอายุอุปกรณ์ไปในตัว ดังนั้นการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทั้งสองจะทำงานเป็นวัฏจักรแบบนี้ต่อไปจนกว่าจะมีการปิดระบบ

คำแนะนำด้านความปลอดภัยและการใช้งานอย่างถูกวิธี

เพื่อการใช้งานเครื่องเตาอบได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและความปลอดภัย ทางหน่วยงานผู้ผลิตแนะนำให้ทางผู้ใช้ปฏิบัติตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

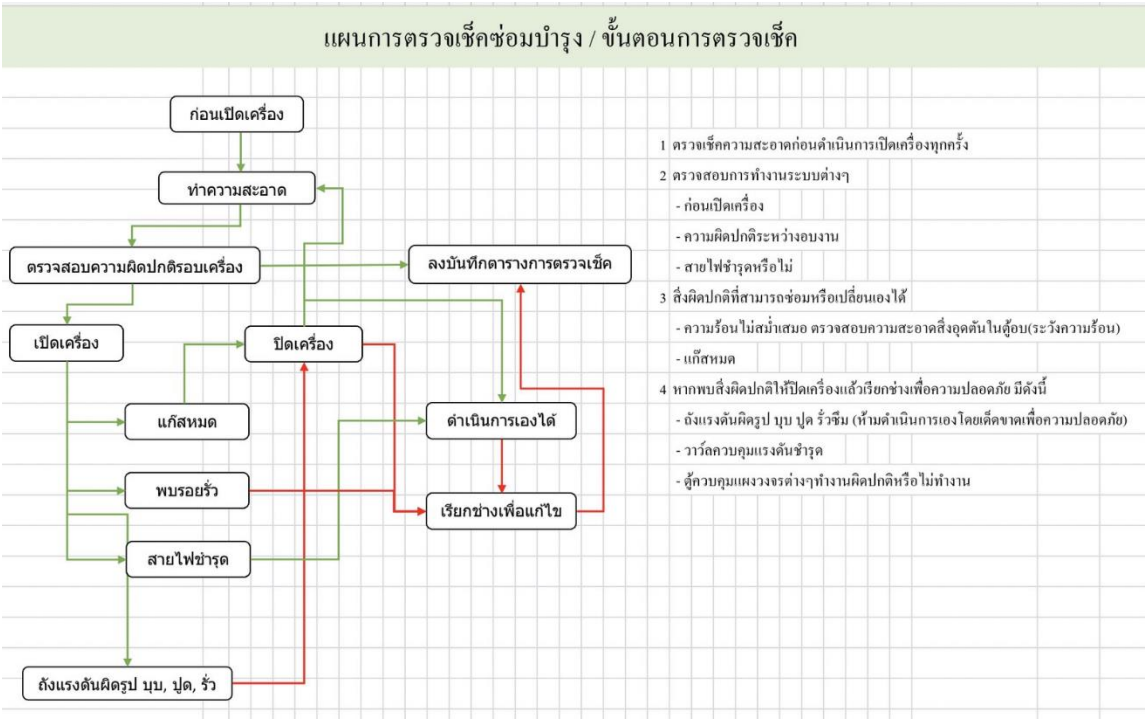
- ☐ ควรติดต่อหน่วยงานผู้ผลิตที่เป็นผู้ดูแลเท่านั้น
- ☐ ควรใช้อะไหล่ที่จัดจำหน่ายโดยหน่วยงานผู้ผลิตเท่านั้น
- ☐ เมื่อทำการยกหรือเคลื่อนย้ายเตาอบ ให้ทำการจับตรงช่องมือจับด้านข้างเตาอบ เพื่อมิให้เกิดความเสียหาย/ชำรุดของเครื่องย้ายเตาอบ
- ☐ เตาอบรุ่นดังกล่าวได้ถูกออกแบบมาเพื่อทดลองการใช้งานสำหรับการศึกษาเรียนรู้เท่านั้น
- ☐ ไม่ควรจับหรือสัมผัสกับประตูของเตาอบและควรป้องกันไม่ให้เด็กเข้าใกล้ในขณะที่เตาอบทำงาน
- ☐ ไม่ควรสัมผัสถูกผนังภายในเตาอบ ขดลวดให้ความร้อนด้านใน ถาด ตะแกรง ภายหลังจากการใช้งานเสร็จเนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวอาจยังคงมีความร้อนคงเหลือสะสมอยู่

เพื่อความปลอดภัย<u>ไม่ควร</u>ปฏิบัติ ดังต่อไปนี้

- ☐ การเตรียมเฟอร์นิเจอร์ที่ขัดต่อระบบระบายความร้อนของเตาอบ
- ☐ การติดตั้งให้สายไฟหรือระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์อื่นๆสัมผัสโดนกับส่วนที่มีความร้อนของเตาอบ
- ☐ การติดตั้งเตาอบในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเช่น ง่ายต่อการสัมผัสโดนฝนหรือแสงอาทิตย์
- ☐ ใช้เตาอบในการเก็บของ
- ☐ ใช้วัตถุไวไฟใกล้เตาอบ
- ☐ ใช้อุปกรณ์ปลั๊กไฟต่อพ่วง ปลั๊กต่อแปลงหรือหม้อแปลง
- ☐ การซ่อมหรือแก้ไขเตาอบโดยไม่ได้รับการแนะนำจากผู้ชำนาญการที่ได้รับมอบหมายจากหน่วยงานผู้ผลิตเท่านั้น
- ☐ ใช้เครื่องทำความสะอาดชนิดไอน้ำทำความสะอาด

เมื่อพบเหตุการณ์ดังต่อไปนี้ <u>ควรติดต่อหน่วยงานผู้ผลิตทันที</u>

- ☐ หากมีข้อสงสัยในการใช้งานหรือการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้ง
- ☐ เมื่ออุปกรณ์ต่อพ่วงไฟฟ้ามีปัญหาหรือเสียหาย
- ☐ หากมีข้อสงสัยกับเสียงของเตาอบหลังจากแกะออกจากบรรจุภัณฑ์
- ☐ เมื่อเตาอบมีปัญหาในการทำงาน



รูปที่ 3.9 แสดงแผนการตรวจเช็คซ่อมบำรุง/ขั้นตอนการตรวจเช็ค

บทที่ 4
บทสรุป

เครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อน ถูกออกแบบให้สามารถแก้ปัญหาสิ่งสกปรกอันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไป และออกแบบให้ส่วนที่สัมผัสผลิตภัณฑ์ใช้เหล็กกล้าไร้สนิมหรือ “Stainless Steel” ซึ่งถูกหลักอนามัย และปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับเครื่องอบแห้งนี้ได้แก่ ชาอัสสัม ชาเลือดมังกร สมุนไพรท้องถิ่น และการอบเพื่อกำจัดเมือกที่ติดกับเม็ดกาแฟก่อนตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จากการฝึกอบรมสามารถสรุปผลการฝึกอบรมได้ ดังนี้

1. เครื่องอบแห้งถูกออกแบบมาให้มีระบบการทำงานที่ไม่ซับซ้อนง่ายต่อผู้ใช้งาน

2. ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติการใช้งานของเครื่องได้อย่างถูกต้องตามคู่มือปฏิบัติงาน และคู่มือการบำรุงรักษา

3. เครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถทำการอบแห้งได้ถึงแม้สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อจัดส่งให้กับห้างร้านได้โดยไม่เกิดปัญหาล่าช้า

4. กระบวนการอบแห้งจากเครื่องอบแห้งชาอัสสัมโดยใช้น้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งได้สูงถึง 70°C แต่อุณภูมิที่เหมาะสมกับการอบแห้งชา ชาเลือดมังกร และสมุนไพรท้องถิ่นอยู่ระหว่าง 45 – 55 องศา เนื่องจากการควบคุมคุณภาพสีและกลิ่นของผลิตผล การควบคุมความเร็วลมภายในห้องอบแห้ง ผ่านตู้คอนโทรลได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมาตรฐานและยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่ากระบวนการตากแห้งที่ต้องพึ่งพาพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่มีตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้

5. การควบคุมกระบวนการอบแห้งนั้น สามารถควบคุมได้ผ่านทางตู้คอนโทรลที่ถูกออกแบบและตั้งค่าให้ตรงตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้งและอุณหภูมิน้ำในหม้อต้มผ่านทางเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ตู้คอนโทรล การดูแลรักษาที่ห้องอบแห้งนั้นสามารถใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดได้ตามปกติโดยไม่เกิดความเสียหายหรือสนิม

6. จากการทดสอบตู้อบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้เท่า 50 องศา โดยการอบชา ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ได้ถึง 60% มาตราฐานเปียก และถ้าใช้เวลาอบที่ยาวนานขึ้นจะสามารถอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นได้ถึง 70% มาตราฐานเปียก

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินการทดสอบเครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นได้พบปัญหาเกี่ยวกับเครื่องอบแห้ง ซึ่งมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. จากการทดลองอบแห้งใบชา ควรจะมีการเปิดปล่องระบายอากาศให้มากในช่วงแรก เพื่อระบายความชื้นออกให้เร็วที่สุด หลังจากนั้น จึงทำการหรี่ปล่องระบายอากาศให้เล็กลง เพื่อทำให้อุณหภูมิที่สามารถอบแห้งใบชาให้ได้ตามความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

2. ข้อจำกัดของเครื่องอบแห้งจะใช้ระยะเวลานานในการทำอุณหภูมิเพื่อให้ถึงอุณหภูมิควบคุมของห้องอบแห้งที่ 70°C หากต้องการให้เครื่องอบแห้งสามารถทำอุณหภูมิถึงอุณหภูมิควบคุมของห้องอบแห้งได้เร็วขึ้น ควรปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มขนาดของแหล่งให้ความร้อน

3. จากการทดลองอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนเกิน 90°C ผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนเกิน 90°C น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีไอน้ำผสมอยู่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำลดลง และในการใช้งานเครื่องอบแห้งโดยใช้น้ำแลกเปลี่ยนความร้อนในครั้งต่อไป ปั๊มน้ำจะมีประสิทธิภาพลดลงมากเนื่องจากมีอากาศค้างอยู่ในตัวปั๊มจึงต้องทำการไล่อากาศในปั๊มน้ำทุกครั้งเพื่อให้ปั๊มน้ำทำงานเต็มประสิทธิภาพเหมือนเดิม ทางผู้จัดทำจึงใช้อุณหภูมิน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 80°C

4. ถ้าต้องการลดระยะเวลานานในการทำอุณหภูมิห้องอบแห้งเพื่อให้ได้อุณหภูมิควบคุมนอกจากปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มขนาดของแหล่งให้ความร้อนแล้ว ต้องเพิ่มอุณหภูมิควบคุมของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนและแก้ปัญหาของปั๊มน้ำ

บรรณานุกรม

พิทยา ดีเหลือ และ พิทวัส สนธิรัตน์. 2563**. "ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งหมูสไลด์โดยใช้น้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อน"** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

สถาบันชาและกาแฟ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 2563**. "การทำแห้งเมล็ดกาแฟ"** คู่มือการผลิตกาแฟอะราบิก้าคุณภาพ. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2564 จากแหล่งสืบค้น https://teacoffee.mfu.ac.th/tc-teacoffeelink/tc-4625.html

สถาบันชาและกาแฟ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 2563. **"กระบวนการผลิตชา"** คู่มือการผลิตชา. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2564 จากแหล่งสืบค้น https://teacoffee.mfu.ac.th/tc-teacoffeelink/tc-4625.html

อาทิตยา พัฒนิบูลย์ และ ดร.อมรชัย อาภรณ์วิชานพ. 2557. **"เทคโนโลยีการอบแห้ง"** Technology Promotion. 41, 234 สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564, จากแหล่งสืบค้น https://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn234a_p64-67.pdf

iEnergyguru. 2558. **"การอบแห้ง (Drying)"** iEnergyguru. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564 จากแหล่งสืบค้น https://ienergyguru.com/2015/09/drying/

ประวัติผู้เขียน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐพงศ์ หล้ากอง
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
หัวหน้าโครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมแบบบูรณาการ รายตำบลป่าจิ้ว

การศึกษา

พ.ศ. 2552 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (เครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2548 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E – mail nathapong@rmutl.ac.th

ผลงานทางวิชาการ (ผลงานย้อนหลังภายใน 5 ปีปฏิทิน)

<u>งานวิจัย หรือบทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่ในการประชุมวิชาการ</u>

ณัฐพงศ์ หล้ากอง (2561). “การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดลอนกระเทียมเพื่อเพิ่มผลผลิต” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการร่วมมือกันในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการ การเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคเหนือ

Nathapong L1*, Chet A1 and Korawat W. (2019). “Sheet Metal Manufacturing Development of a New Bending Machine Design for Small-Scaled Industry” The 11th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB XI), 29 July -1 August 2019, Johor Bahru, Malaysia, 8 pp. (เกณฑ์ข้อ 11)

ณัฐพงศ์ หล้ากอง, เชษฐ อุทธิยัง, คณิศร มณีศักดิ์ และสุเมธ ไชยพรหมมา. (2562). “การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดลอนกระเทียมเพื่อเพิ่มผลผลิต” การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ 30-31 พฤษภาคม 2562 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรสเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่, จำนวน 6 หน้า (เกณฑ์ข้อ 10)

ถนอมทรัพย์ หวันแดง, เชษฐ อุทธิยัง, สุวิช มาเทศน์ และณัฐพงศ์ หล้ากอง. (2562). “อิทธิพลสารหล่อลื่นที่มีผลต่อชิ้นงานกล่องสี่เหลี่ยมโดยใช้แม่พิมพ์รีดผนังบาง” การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ 30-31 พฤษภาคม 2562 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรสเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่, จำนวน 5 หน้า (เกณฑ์ข้อ 10)

นายณัฐพงศ์ หล้ากอง, ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชษฐ อุทธิยัง, (2561). “การออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปเพื่อเพิ่มผลผลิตเหรียญตราที่ระลึก”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32 ระหว่างวันที่ 3 – 6 กรกฎาคม 2561, ณ โรงแรมมุกดาหารแกรนด์ จังหวัดมุกดาหาร, จำนวน 8 หน้า (เกณฑ์ข้อ 10)

ประสบการณ์ทางวิชาการ

<u>ระดับปริญญาตรี 5 ปี</u>

- ☐ กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)
- ☐ วัสดุวิศวกรรม (Engineering Material)
- ☐ การควบคุมกำลังของไหล (Fluid Power Control)
- ☐ วิศวกรรมระบบขนส่งทางรางเบื้องต้น (Introduction to Raiway Transportation Systems)
- ☐ ปัญหาพิเศษด้านบำรุงรักษาระบบขนส่งทางราง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล นางสาวเกวลิน แก้วริน

ตำแหน่ง วิเคราะห์ข้อมูล

โครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมแบบบูรณาการตำบลป่าง้ิว

การศึกษา ปริญญาตรี เศรษฐศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E – mail kewalin.kaewrin@gmail.com



ชื่อ – สกุล นางสาวอัจฉรา ธิยัญ

ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่จัดเก็บข้อมูลติดตาม/เฝ้าระวัง COVID (ร่วมกับ ศบค.)

โครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมแบบบูรณาการตำบลป่าง้ิว

การศึกษา ปริญญาตรี รัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

E – mail puy_m78@hotmail.com



ชื่อ – สกุล นางสาวฉัตรชฎา แสนช่างไม้

ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ถ่ายทอดองค์ความรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรม

โครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมแบบบูรณาการตำบลป่าง้ิว

การศึกษา ปริญญาตรี สำนักวิชาสังคมศาสตร์ สาขานวัตกรรมสังคม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

E – mail chatchada.tran@gmail.com

