



การวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับ โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์



กลุ่มวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม



การวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับ
โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

กันยายน 2566

คำนำ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการภายใต้กรอบภารกิจงานของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) มีเป้าหมายที่จะหาแนวทางบรรเทาปัญหาที่เกี่ยวกับการอบตากผลผลิตของเกษตรกร จะพบเห็นผลผลิตมากมายไม่ได้รับการจัดการที่ดี โดยเฉพาะผลผลิตการเกษตรที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพอากาศ เน้าเสียได้ง่าย หรือถูกทิ้งขว้าง แต่สามารถนำมาจัดการให้เกิดมูลค่าได้ เกษตรกรจำนวนน้อยที่มีการนำไปจัดการเพื่อการเก็บรักษา โดยการตากแดด แต่ยังพบปัญหาปริมาณแสงแดดน้อย และเวลากลางคืน การวิจัยเพื่อทำชุดต้นแบบการเพิ่มความร้อนให้กับการอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีส่วนช่วยภาคการเกษตรระดับครัวเรือน ซึ่งหวังว่าจะสามารถนำไปขยายผลการใช้ประโยชน์สู่เกษตรกรและชุมชน หรือเป็นต้นแบบในการวิจัยพัฒนาต่อไป และที่สำคัญเป็นการประยุกต์นำวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่โดยทั่วไปมาสร้างคุณค่าต่อวิถีชีวิต หรือเอื้ออำนวยต่อการประกอบอาชีพ

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน

กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการถนอมอาหารที่นิยมใช้มาตั้งแต่โบราณ เกิดการประดิษฐ์ คิดค้นวิธีการตากแดดในรูปแบบต่าง ๆ มาตามยุคสมัยและมีเทคโนโลยีด้านวัสดุมารองรับทำให้มีการพัฒนาการของรูปแบบอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันนิยมใช้วัสดุใสป้องกันสิ่งสกปรกและเก็บความร้อนไว้ภายในตู้อบ ในการใช้งานมีการสะสมความร้อนจะมากหรือน้อยจะขึ้นกับสภาพแสงแดด การใช้การตากแดดอย่างเดียบบางครั้งประสบปัญหากับผลผลิตการเกษตรที่เน่าเสียได้ง่ายหรือการตากไม่ได้คุณภาพเพียงพอ จากปริมาณแดดน้อยในฤดูฝน หรือ ช่วงเวลากลางวันไม่มีแสงแดด ต้องรอรุ่งเช้าของวันใหม่จึงจะตากผลผลิตต่อ ต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าจะแห้งเพียงพอ จากข้อจำกัดดังกล่าวนำมาสู่การวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้การอบแห้งผลผลิตดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง ลดระยะเวลาการอบแห้ง รักษาคุณภาพและคุณค่าผลผลิต สำหรับ การวิจัย เป็นการสร้างชุดทดลองด้วยเตาเผาใช้พลังงานความร้อนจากน้ำมันเก่าเป็นแหล่งเชื้อเพลิง เติมความร้อนให้กับน้ำในหม้อต้ม ใช้น้ำเป็นตัวกลางไหลเวียนน้ำไปยังรังผึ้งเพื่อให้พัดลมดูดอากาศนำพาความร้อนเข้าตู้อบแห้ง สำหรับการวิธีการเก็บผลทดลองโดยการวัดความสามารถในการทำความร้อนของระบบ สำหรับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1.2×2.4 เมตร กำหนดอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงของเตา 4 ระดับ 0.25, 0.50, 0.75, และ 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง และการปรับอัตราการเป่าลมเข้าเตาเผาด้วยพัดลมหอยโข่งขนาด 6 นิ้ว เป็น 3 ระดับ คือ เบา กลาง และ แรงสุด เพื่อหาจุดที่ทำให้การเผาเชื้อเพลิงถึงจุดไร้ควัน พร้อมวัดค่าเปลวไฟที่มีความแตกต่างกัน รวมถึงระยะเวลาที่ทำให้ให้น้ำในหม้อต้มถึงจุดเดือด ใช้พัดลมดูดอากาศขนาดขนาด 12 นิ้ว กระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ และกำหนดการปรับหมุนพัดลมเป็น 3 ระดับ คือ ช่วงเบา ช่วงกลาง และช่วงแรง เพื่อหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ได้ในตู้อบกับปริมาณการดูดลมผ่านรังผึ้งตามระดับการจ่ายเชื้อเพลิง ผลปรากฏว่า อุณหภูมิตามระดับการจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง มีอุณหภูมิช่วงระหว่าง 42 – 35 องศาเซลเซียส จ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิช่วงระหว่าง 48 – 39 องศาเซลเซียส จ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิช่วงระหว่าง 56 – 47 องศาเซลเซียส และจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิช่วงระหว่าง 61 – 52 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองสามารถนำไปใช้เสริมการอบแห้งในช่วงเวลาที่แสงแดดไม่เพียงพอ ทำให้กระบวนการอบแห้งรวดเร็วขึ้น สะดวกและเป็นการหมุนเวียนสิ่งเหลือใช้ให้เกิดคุณค่าต่อการประกอบอาชีพ

Abstract

Drying agricultural products using solar energy has been a method of food preservation that has been used since ancient times. An invention was born inventing various methods of sun-drying according to the era and with material technology to support it, resulting in continuous development of styles. Until now, it is popular to use clear materials to prevent dirt and keep heat inside the oven. In use, heat is accumulated, more or less depending on the sunlight conditions. Using only sun drying sometimes causes problems with agricultural products that are easily perishable or drying is of insufficient quality. From the low amount of sunlight during the rainy season or during the night there is no sunlight. You have to wait until the morning of the next day to dry the produce. It takes a long time for it to dry enough. From the above limitations, research and development of a set to add heat to a solar oven was made. So that the drying of the produce can be carried out continuously. Reduce drying time Maintain the quality and value of the product for research It is an experimental set up with a furnace using heat from old oil as a fuel source. Add heat to the water in the boiler. Use water as a medium to circulate water to the honeycomb so that the exhaust fan can carry heat into the drying cabinet. For the method of collecting experimental results by measuring the heating capacity of the system. For a solar oven size 1.2 x 2.4 meters, set the fuel supply rate of the oven at 4 levels: 0.25, 0.50, 0.75, and 1.00 liters per hour. and adjusting the rate of air blowing into the furnace with a 6-inch centrifugal fan to 3 levels: light, medium, and maximum strength in order to find the point where the fuel combustion reaches the smokeless point. Ready to measure different flame values Including the time it takes for the water in the boiler to reach its boiling point. Use a 12-inch exhaust fan with 12 volts of electricity and set the fan rotation to 3 levels: light range, middle range, and strong range to find the relationship between the temperature in the oven and the amount of air sucked through the honeycomb according to the level. Fuel supply. The results show that the temperature according to the fuel supply level is 0.25 liters per hour.

The temperature ranges between 42 - 35 degrees Celsius. It supplies 0.50 liters of fuel per hour. Temperature range between 48 - 39 degrees Celsius, fuel supply 0.75 liters per hour. Temperature ranges between 56 - 47 degrees Celsius. and delivers 1.00 liters of fuel per hour The temperature range is between 61 - 52 degrees Celsius. From the experimental results, it can be used to enhance drying during times when there is insufficient sunlight. Makes the drying process faster. Convenient and a way to circulate leftovers to create value for your career.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
คำนำ	(1)
บทคัดย่อ	(2)
Abstract	(3)
สารบัญเรื่อง	(5)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์	3
1.6 แผนการดำเนินการวิจัย	5
1.7 คณะผู้ดำเนินการวิจัย	5
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	6
2.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	6
2.2 การอบแห้งลมร้อน	8
2.3 การถ่ายเทความร้อน	8
2.4 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	10
2.5 อัตราการถ่ายเทความร้อน	10
2.6 เชื้อเพลิง	11
2.7 ทฤษฎีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	12
2.8 เตาให้ความร้อนของเหลวโดยใช้เชื้อเพลิง	15
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	20
3.1 การวางแผนกระบวนการงานวิจัย	20
3.2 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	20

สารบัญเรื่อง

	หน้า
	22
3.3 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ	22
บทที่ 4 ผลการทดสอบเก็บข้อมูล	26
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ	32
5.1 อภิปรายผล	32
5.2 สรุป	32
5.3 ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	36

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย	5
2.1	เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินที่ใช้กับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ	14
2.2	สีของเปลวไฟจากการเผาไหม้ ของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศกับ ปริมาณอากาศ	15
4.1	การสังเกตการจุดติดไฟของเตาเผา	27
4.2	การทดสอบการทำความร้อนให้ตู้อบที่สัมพันธ์กับการจ่าย เชื้อเพลิง และปริมาณลมดูด	31

สารบัญภาพ

รูปภาพที่		หน้า
2.1	ผลผลิตที่ตากแห้งโดยธรรมชาติ	6
2.2	โดมอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และมีพัดลมช่วยระบายอากาศ	7
2.3	โดมอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานในรูปแบบอื่น	7
2.4	กลไกการถ่ายเทมวลหรือน้ำของไบเมกนูดในการอบแห้งด้วยลมร้อน	8
2.5	องค์ประกอบที่จำเป็นจะเกิดปฏิกิริยา การเผาไหม้	12
2.6	แสดงระบบการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์ – ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำ	17
3.1	สรุปขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบ พลังงานแสงอาทิตย์	22
3.2	โรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาโบลา ชนิดเคลื่อนที่ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.0 เมตร สูง 1.6 เมตร	23
3.3	ชุดเตาเผาแบบใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง	23
3.4	พัดลมดูดอากาศขนาด 12 นิ้ว ขนาด 60 วัตต์	23
3.5	ดัดแปลงหม้อต้มจากถังน้ำยาแอร์เก่า	24
3.6	หม้อน้ำรถยนต์เป็นแผงคอยล์ร้อน	24
3.7	ปั้มน้ำขนาด 1/2 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า 12 Volt สำหรับไหลเวียนน้ำใน ระบบ	24
3.8	พัดลมเติมอากาศในเตาชนิดหอยโข่ง ขนาด 6 นิ้ว	24
3.9	ชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	25
3.10	แสดงตำแหน่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดเพิ่มความร้อนให้กับ โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์	25
4.1	ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง ระดับอากาศ 3 ระดับ	27
4.2	ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับอากาศ 3 ระดับ	28
4.3	ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับอากาศ 3 ระดับ	28

สารบัญภาพ

รูปภาพที่		หน้า
4.4	ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับอากาศ 3 ระดับ	28
4.5	ทดสอบหาค่าการจ่ายเชื้อเพลิง	29
4.6	ทดสอบเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในตู้อบ	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตและส่งออกสินค้าทางการเกษตรและอาหารที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก หรือเรียกว่าเป็นครัวโลก ซึ่งประชากรของไทยกว่าร้อยละ 40 อยู่ในภาคการเกษตร ในปัจจุบันเกษตรกรไทยกำลังเผชิญกับปัญหาพืชผลทางการเกษตร ออกสู่ตลาดพร้อมกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาราคาตกต่ำและผลผลิตเน่าเสีย ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรอย่างมาก จึงมีการนำผลผลิตมาแปรรูปอบแห้ง โดยใช้วิธีการตากตามธรรมชาติ ทำให้มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ รวมทั้งการรบกวนของสัตว์ เช่น มด นก หนู และแมลงต่าง ๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์ออกมาไม่ได้มาตรฐาน จึงต้องพึ่งความช่วยเหลือจากรัฐในด้านต่าง ๆ เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดิน ซึ่งมีสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) เป็นหน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงมีแนวคิดในการแปรรูปอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรให้อยู่ได้นาน และเพิ่มมูลค่าให้ผลผลิตการเกษตร รวมถึงการสร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร เช่น ผัก ผลไม้ และสมุนไพร ในระดับครัวเรือน รัฐวิสาหกิจชุมชน และกลุ่มเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดิน ซึ่งปีงบประมาณ 2565 ส.ป.ก. ได้ดำเนินการสนับสนุนโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำให้กลุ่มเกษตรกร ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรเศรษฐกิจชีวภาพตามความต้องการของตลาด (พืชสมุนไพร แมลงเศรษฐกิจ และไม่มีค่า) เพื่อยกระดับการแปรรูปและเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบสมุนไพรให้สามารถสร้างรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดิน จำนวน 40 กลุ่มขนาดโรงอบตากฯ มีความกว้าง 430 เซนติเมตร ความยาว 550 เซนติเมตร และสูง 187 เซนติเมตร พร้อมทั้งให้ความรู้ด้านการพัฒนาการผลิตให้มีคุณภาพ การแปรรูป การเพิ่มมูลค่าสินค้า และการวิเคราะห์ต้นทุน จนเป็นที่พึงพอใจของเกษตรกรเป็นอย่างมาก ต่อมา ส.ป.ก. ติดตามการดำเนินโครงการฯ พบว่ายังข้อจำกัดของการตากด้วยแสงแดด ซึ่งสามารถตากแห้งได้เฉพาะช่วงกลางวัน อีกทั้ง ปัญหาในฤดูฝน พลังงานความร้อนจากแสงแดดต่ำ และความชื้นสัมพัทธ์สูง ส่งผลให้ผลผลิตเน่าเสียได้ง่าย หากไม่มีการลดความชื้นอย่างต่อเนื่อง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพตามมา

สำนักพัฒนาพื้นที่ปฏิรูปที่ดิน (สพป.) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบโรงอบฯ ดังกล่าว และได้รับทราบปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดขึ้น จึงมีแนวคิดในการพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเตาชีวมวลมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบตาก ในช่วงที่ไม่มีแสงแดด ทำให้สามารถอบตากผลผลิตได้ต่อเนื่องช่วยร่นระยะเวลาการอบจากเดิม เป็นการเพิ่มศักยภาพของโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับแหล่งพลังงานทางเลือกมาทดแทน เช่น เตาชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร น้ำมันพืชเก่า หรือน้ำมันเครื่องที่ผ่านการใช้งานแล้ว เป็นต้น เพื่อใช้ใน

แหล่งพลังงานการให้ความร้อนสำหรับการอบแห้งภายในโรงอบตากเป็นการอบแห้งแบบผสมผสาน (Hybrid drying) ทำให้โรงอบตากมีประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มมากขึ้น โดยชุดเพิ่มความร้อนจะเป็นระบบปิดและมีระบบแลกเปลี่ยนความร้อน โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำ ผ่านรังผึ้งหม้อน้ำรถยนต์เพื่อการนำอากาศร้อนที่สะอาด ปลอดภัยเข้าโรงอบ เหมาะสำหรับการอบแห้งผลผลิตที่เป็นอาหารหรือสมุนไพร ชุดเพิ่มความร้อนที่ให้กับโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกพัฒนาให้มีขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน และสามารถเป็นต้นแบบในการประยุกต์พัฒนาให้เหมาะกับโรงอบตากทุกขนาด จึงจัดทำโครงการวิจัย “การวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์” คณะวิจัยคาดหวังให้ชุดเพิ่มความร้อนด้วยเตาชีวมวลที่พัฒนาขึ้นจะเป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่ลดข้อจำกัดด้านสภาพอากาศ ที่ไม่เอื้ออำนวยในการอบแห้งของโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ และเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการนำเศษวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนอีกประการหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบของเตาเผาเชื้อเพลิงน้ำมันเก่าชนิดต่าง ๆ ที่มีการใช้งานหรือมีการจำหน่ายโดยทั่วไป

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการเพิ่มความร้อนในกระบวนการอบแห้งผลผลิตการเกษตร

1.2.3 เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบชุดเพิ่มความร้อนจากเตาเผาที่ใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง ที่มีระบบแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มความร้อนในโรงอบตากผลผลิตการเกษตร

1.2.4 เพื่อทดสอบเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลของการประยุกต์ใช้เตาชีวมวลที่มีระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1) ศึกษาข้อมูลทฤษฎีเกี่ยวกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชีวมวล เช่น ประเภทการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานความร้อน เป็นต้น ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและชนิดของเตาชีวมวลข้อมูลทางทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

1.4.2 ขอบเขตในการสร้างชุดต้นแบบ ในการสร้างชุดต้นแบบ มีองค์ประกอบหลังประกอบด้วย

- 1) ชุดเตาเผาแบบใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง
- 2) ดัดแปลงหม้อต้มจากถังน้ำยาแอร์เก่า
- 3) ใช้หม้อน้ำรถยนต์เป็นแผงคอยล์ร้อน
- 4) ใช้พัดลมดูดอากาศขนาด 12 นิ้ว ขนาด 60 วัตต์ เป็นพัดลมดูดความร้อน
- 5) ใช้ปั๊มน้ำขนาด 1/2 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า 12 Volt สำหรับไหลเวียนน้ำในระบบ

1.4.2 ขอบเขตการทดสอบและเก็บข้อมูล

- 1) กำหนดอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 3 ระดับ
- 2) กำหนดการปรับระดับพัดลมเป่าเตาเผา 3 ระดับ
- 3) กำหนดการปรับระดับปริมาณการดูดลมร้อน เป็น 3 ระดับ
- 4) เก็บข้อมูลความสามารถในการเพิ่มความร้อน ตามปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่สัมพันธ์กับการปรับปริมาณลมที่จ่ายให้ตู้อบ
- 5) หาค่าอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทำได้
- 6) ทดสอบวัตถุดิบกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาโบล่า ชนิดเคลื่อนที่ ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.2 เมตร สูง 1.5 เมตร
- 7) สีของเปลวไฟ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 มีข้อมูลทางวิชาการในการประยุกต์ใช้เตาชีวมวลเป็นแหล่งความร้อนสำหรับใช้ในการอบแห้งผลผลิตการเกษตร
- 1.4.2 มีต้นแบบชุดเพิ่มความร้อนด้วยพลังงานชีวมวลในโรงอบแห้งผลผลิตการเกษตร แบบเคลื่อนที่
- 1.4.3 สร้างแนวทางที่ทำให้มีการนำน้ำมันเก่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์
- 1.4.4 สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งผลผลิตการเกษตร
- 1.4.5 ลมร้อนที่สะอาดนำไปใช้อบผลผลิตการเกษตรทำให้ผลผลิตมีความสะอาด ถูกสุขลักษณะ

1.5 นิยามศัพท์

การถ่ายเทความร้อน : หมายถึง การถ่ายโอนความร้อน หรือการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) เป็นพฤติกรรมทางความร้อนที่เกิดการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยถ่ายเทความร้อนจะหยุดก็ต่อเมื่อมี อุณหภูมิที่เท่ากัน heat transfer มีความสำคัญในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น

- 1) การปรุงอาหารด้วยความร้อน
- 2) และระบบความเย็นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ
- 3) กระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การแช่เย็น การอบแห้ง เป็นต้น

ซึ่งการถ่ายเทความร้อน (Heat flow) มีรูปแบบการเคลื่อนที่ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน และการนำความร้อน

การพาความร้อน (Convection) : การพาความร้อน (Convection) เป็นวิธีการเคลื่อนที่ของความร้อนที่เกิดขึ้นในของไหล ซึ่งโมเลกุล มีอิสระที่จะเคลื่อนไหวไปรอบ ๆ ได้ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่

โดยวิธีนี้ จำนวนของปริมาณความร้อนจะไหลโดยติดไปกับโมเลกุลซึ่งกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น การพาความร้อนจะเกิดขึ้นในของเหลวหรือแก๊สซึ่งเป็นของไหลเท่านั้น แต่จะไม่เกิดขึ้นในของแข็งทั้งนี้เพราะโมเลกุลของของแข็งอยู่กับที่ การพาความร้อนเกิดขึ้นโดยหลักที่ว่าเมื่อโมเลกุลของของเหลวหรือแก๊สได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีความหนาแน่นน้อยลง จึงเบาและลอยตัวสูงขึ้นพาเอาความร้อนเคลื่อนที่ติดไปด้วย ของเหลวหรือแก๊สบริเวณใกล้เคียงซึ่งเย็นกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ เกิดการไหลวนเวียนขึ้นในของเหลวหรือแก๊สนั้น ทำให้ความร้อนไหลวนเวียนตามโมเลกุลไปด้วย

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	รายการ	เดือน											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ศึกษาข้อมูล	←→											
2	วิเคราะห์ สังเคราะห์			←→									
3	จัดทำร่างต้นแบบ				←→								
4	ออกแบบ ปรับปรุง					←→							
5	เสนอโครงการ						←→						
6	จัดทำต้นแบบ							←→					
7	ทดสอบเบื้องต้น									←→			
8	ปรับปรุงแก้ไข										←→		
9	ทดสอบเก็บข้อมูล											←→	
10	จัดทำเอกสาร / เผยแพร่												←→

1.7 ผู้รับผิดชอบโครงการ

- | | | |
|-------------------|-------------|----------------|
| 1. นายวุฒิชัย | แพ่งคำรัก | หัวหน้าโครงการ |
| 2. นายสิทธิพันธ์ | บานเย็น | |
| 3. นางสาวโชติวรรณ | พัฒน์จันทร์ | |
| 4. นายวิสุทธิ์ | เลิศไกร | |

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การทำให้แห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหาร ซึ่งนิยมทำกันทั้งระดับชาวบ้านและ อุตสาหกรรม มาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธี เช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยลม ร้อน และการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็ง เป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จะมีความสะดวกและ สิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายน้อย โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้อง เสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อ ปลา พืช ผักและ ผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิด หนอนขึ้นได้ เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อรา เป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นาน ทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้ ได้มีการพัฒนาการอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งจากแหล่งพลังงานไฟฟ้า ซึ่ง เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง การอบแห้งด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

1) การอบแห้งระบบ Passive คือระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่ เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัย ความร้อนจากแสงอาทิตย์ และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจาก วัสดุ ตู้อบแห้ง แบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่ โปร่งใส ความ ร้อนที่ตู้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัว เอง อากาศ ร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเท อากาศขึ้น ตู้อบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความ ร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อน ก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง



รูปภาพที่ 2.1 ผลผลิตที่ตากแห้งโดยธรรมชาติ

2) การอบแห้งระบบ Active คือระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้



รูปภาพที่ 2.2 โดมอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และมีพัดลมช่วยระบายอากาศ

3) การอบแห้งระบบ Hybrid คือระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงาน ในรูปแบบอื่น ๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจาก อากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

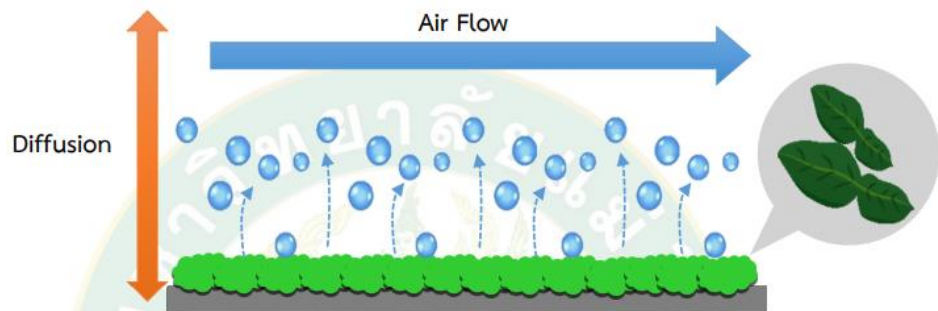


รูปภาพที่ 2.3 โดมอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานในรูปแบบอื่น

ที่มา : เครื่องอบแห้งกระชายดำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2.2 การอบแห้งลมร้อน

การอบแห้งลมร้อนนี้เป็นวิธีการอบแห้งที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากมีความสะดวกต่อการปฏิบัติ และง่ายต่อการควบคุม โดยจะทำการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารและปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ส่งผลให้อาหารเสื่อมและเน่าเสีย ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตให้ยาวนานขึ้น



รูปภาพที่ 2.4 กลไกการถ่ายเทมวลหรือน้ำของใบมะกรูดในการอบแห้งด้วยลมร้อน

ที่มา : ปุณยาพร แสนแปง (2564)

กลไกการถ่ายเทมวลของการอบแห้งด้วยลมร้อนแสดงดังรูปภาพที่ 2.4 จะเริ่มจากการถ่ายเทพลังงานจากลมร้อนไปสู่อาหารโดยการพาความร้อน ส่งผลทำให้ความชื้นที่ผิวหน้าเข้าสู่อุณหภูมิระเหย ส่วนความชื้นที่อยู่ภายในจะค่อย ๆ แพร่กระจายมายังผิวโดยอัตราการแพร่กระจายความชื้นจะขึ้นอยู่กับศักยภาพของการถ่ายเทความร้อน และความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อความชื้นลดลงจนเข้าสู่ค่าความชื้นวิกฤติ และชั้นความแห้งเกิดขึ้นประสิทธิภาพการถ่ายเทพลังงานลดต่ำอย่างมาก แต่เนื่องจากการอบแห้งด้วยลมร้อนต้องมีตัวกลางทางความร้อนเพื่อถ่ายเทพลังงานไปสู่ความชื้นภายในผลผลิต ทำให้ต้องใช้เวลายาวนานในการระเหยความชื้นจากชั้นในโครงสร้างเซลล์ และยังส่งผลต่อคุณภาพอาหารในด้านต่าง ๆ เช่น อาหารเกิดการหดตัว การเกิดเปลือกแข็ง การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร สารระเหย การเปลี่ยนแปลงสี และการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น

2.3 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนมีความสำคัญกับงานทางวิศวกรรมอย่างมาก โดยเฉพาะวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมยานยนต์ และวิศวกรรมอากาศยาน ที่ลักษณะงานต้องเกี่ยวข้องกับระบบหรือชิ้นส่วนที่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงต้องมีการออกแบบเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในระบบได้อย่างเหมาะสม อาทิ การออกแบบ Heat sink เพื่อถ่ายเทความร้อนบนชิ้นส่วนหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายเทความร้อนจากเครื่องยนต์โดยอาศัยหม้อน้ำรถยนต์ซึ่งมีลักษณะคล้ายรังผึ้งระบายความร้อน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำที่เรียกว่าหม้อไอน้ำ (boiler)

การออกแบบหลังคาตัวอาคารและการเลือกใช้วัสดุที่ช่วยป้องกันความร้อน เป็นต้น โดยพื้นฐานแล้ว การถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

1) การนำความร้อน คือการถ่ายเทความร้อนโดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ เช่น ความร้อนจาก กาแฟในถ้วยไหลผ่านช้อนโลหะทำมือที่จับที่ด้ามช้อนรู้สึกร้อน เป็นต้น การนำความร้อนเป็น ปรากฏการณ์ระดับอนุภาคของสสาร เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการสั่นและส่งต่อพลังงานกัน การนำ ความร้อนจึงเกิดขึ้นได้ในสสารทุกสถานะทั้งของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ความสามารถในการนำ ความร้อนของสสารแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน พารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายความสามารถดังกล่าว เรียกว่า ค่าสภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity: k) วัสดุที่มีค่า k สูงจะนำความร้อนได้ดี อาทิ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม จึงนิยมนำเอามาใช้ทำภาชนะหุงต้ม หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ ร้อน ส่วนวัสดุที่มีค่า k ต่ำจะนำความร้อนได้น้อย อาทิ โยเกิร์ต ยิปซัม จึงนิยมนำมาใช้ทำฉนวนกัน ความร้อน เป็นต้น พื้นฐานการนำความร้อนอธิบายได้ด้วย กฎการนำความร้อนของฟูริเยร์ (Fourier law of heat conduction) ที่ว่า “อัตราการถ่ายนำความร้อนแปรผันตรงกับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิ และพื้นที่”

$$q = -kA_c \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2.1)$$

ดังนั้น หากต้องการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำให้ได้มาก ทำได้โดยเลือกวัสดุตัวกลางที่มี ค่าสภาพการนำความร้อนสูง ๆ หรือเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัสของการนำความร้อนให้มากขึ้น

2) การพาความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยที่ตัวกลางเคลื่อนที่หรือไหลไปด้วย การพา ความร้อนจึงเกิดขึ้นเฉพาะกับของเหลวหรือก๊าซเท่านั้น ความสามารถในการพาความร้อนขึ้นอยู่กับ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection heat transfer coefficient: h) ค่าอุณหภูมิแวดล้อม และขนาดพื้นที่ผิวของวัตถุที่มีการพาความร้อน โดยทั่วไปค่า h ขึ้นอยู่กับหลายพารามิเตอร์ อาทิ ความเร็วและสมบัติของตัวกลาง ซึ่งมักได้จากการทดลองเป็นรายกรณี ค่า h มากหมายถึงการพา ความร้อนได้ดี ในทางกลับกันค่า h น้อยหมายถึงพาความร้อนได้ไม่ดี พื้นฐานของการพาความร้อน อธิบายด้วย Newton's cooling law ดังนี้

$$q = hA_s(T - T_{\infty}) \dots\dots\dots (2.2)$$

ดังนั้น หากต้องการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาให้ได้มาก ทำได้โดยเพิ่มค่า h ด้วยการติดตั้งพัดลมช่วยเป่า หรือเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับวัตถุที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน

3) การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่อาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายความร้อน เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก โดยทั่วไปวัตถุยิ่งมีอุณหภูมิสูงจะยิ่งแผ่รังสีความร้อนได้มาก หลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีอธิบายได้ด้วย Stefan-Boltzmann Law ดังนี้

$$q = \epsilon \sigma A_s T^4 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อ σ เป็นค่าคงที่ Stefan-Boltzmann ซึ่งเท่ากับ $5.6703 \cdot 10^{-8} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$ และ ϵ เป็นค่าสภาพการเปล่งรังสี (Emissivity) โดย $\epsilon=1$ สำหรับวัตถุดำ และ $\epsilon=0$ สำหรับวัตถุขาว

2.4 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ปัจจุบันมีนักวิจัยหลายท่านได้ประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในรถยนต์ (Automobile heat exchanger) มาใช้เป็นอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อน แบบไหลตามขวางในงานอุตสาหกรรมโดยได้ดัดแปลงหม้อน้ำรถยนต์ มาใช้ในกระบวนการดึงความร้อนทิ้ง จากเตาอบขนมเพื่อใช้ในการอุ่น (เจนจิรา, 2545 อ้างถึงใน นายขวัญชัย ไกรทอง และอดิพงษ์ นันทพันธุ์, 2548) และได้มีการดัดแปลงนำหม้อน้ำรถยนต์มาใช้อุปกรณ์และเตรียมความร้อนในการดึง ความร้อนทิ้งจากท่อไอเสียการ์ดไอเสียของหม้อไอน้ำมาใช้อุ่นน้ำป้อน (ทะนงเกียรติ, 2547 อ้างถึงใน นายขวัญชัย ไกรทอง และอดิพงษ์ นันทพันธุ์, 2548)

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า จุดเด่นของการใช้น้ำรถยนต์ มาดัดแปลงเป็นเครื่องและเป็นความร้อนแบบไหลตามขวาง หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทอื่น คือ มีสมรรถนะสูงและราคาถูก เมื่อเทียบกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปกติ อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ดังกล่าวไม่เหมาะสมที่จะทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงกว่า $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$

2.5 อัตราการถ่ายเทความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางซึ่งแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงและอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = m_a C_{p_a} (T_{a0} - T_{ai}) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Q = m_w C_{p_w} (T_{wi} - T_{wo}) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Q = (UA) \Delta T_{LMTD} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

โดย Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

A คือ พื้นที่ (m^2)

U	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K)
Cp_a	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kgK)
Cp_w	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kgK)
m_a	คือ	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)
m_w	คือ	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)
T_{ai}	คือ	อุณหภูมิอากาศด้านเข้า ($^{\circ}C$)
T_{ao}	คือ	อุณหภูมิอากาศด้านออก ($^{\circ}C$)
T_{wi}	คือ	อุณหภูมิน้ำด้านเข้า ($^{\circ}C$)
T_{wo}	คือ	อุณหภูมิน้ำด้านออก ($^{\circ}C$)
ΔT_{LMTD}	คือ	อุณหภูมิแตกต่างเชิงล็อก ($^{\circ}C$)

ในการคำนวณจะกำหนดให้ (UA) ในสมการ 2.6 เป็นค่าที่รวมแฟกเตอร์แก้ไข (Correction factor) ของอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีได้เป็นแบบไหลสวนทางหรือไหลตามกันอย่างแท้จริง เข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นในกรณีนี้ค่าอุณหภูมิแตกต่างเชิงล็อก สามารถคำนวณได้จาก

กรณีไหลสวนทางกัน

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{wi}-T_{ao})-(T_{wo}-T_{ai})}{\ln \left(\frac{T_{wi}-T_{ao}}{T_{wo}-T_{ai}} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

กรณีไหลตามกัน

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{wi}-T_{ai})-(T_{wo}-T_{ao})}{\ln \left(\frac{T_{wi}-T_{ai}}{T_{wo}-T_{ao}} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

2.6 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง หมายถึง สารใด ๆ เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงคือ คาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) เมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ ธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน แล้วเกิดพลังงานความร้อน น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือในบางครั้งอาจเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือ เขม่าเชื้อเพลิง แบ่งตามสถานะได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) เชื้อเพลิงก๊าซ เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้องเชื้อเพลิงประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น
- 2) เชื้อเพลิงเหลว เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันปิโตรเลียม แอลกอฮอล์ น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ เป็นต้น

3) เชื้อเพลิงแข็ง เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น ถ่านหิน ฟืน ถ่านไม้ แกลบ ชี้เลื่อย ขานอ้อย ฟางอ้อย เศษวัสดุต่าง ๆ เป็นต้น

เชื้อเพลิง แบ่งตามแหล่งกำเนิด ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ หมายถึง เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากพืชสัตว์ หรือจากการทับถมของซากพืช ซากสัตว์ เป็นเวลานานนับล้าน ๆ ปี (fossil fuel) เชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่ต้องแปรรูปก็ได้ เช่น ฟืน ถ่าน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ หินน้ำมัน ชี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น

2) เชื้อเพลิงแปรรูป หมายถึง เชื้อเพลิงที่ต้องผ่านกระบวนการในการผลิตก่อนจึงจะนำมาใช้ประโยชน์ได้

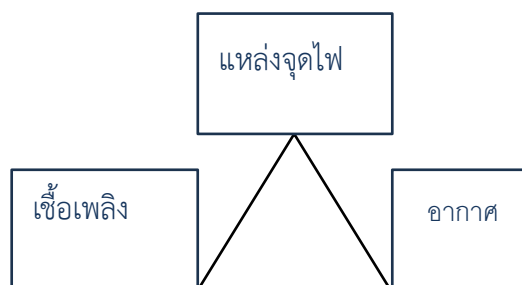
2.7 ทฤษฎีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

2.7.1 ปฏิริยาเคมีของการเผาไหม้

ปฏิริยาเคมีของการเผาไหม้ หมายถึง ปฏิริยาที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง (ตั้งแต่ 1,000 องศาเซลเซียสขึ้นไปโดยประมาณ) เกิดขึ้นเร็วมาก (ในช่วง 1 ไมโครวินาทีถึง 10 มิลลิวินาที) เป็นปฏิริยาเอกพันธ์ หรือเป็นเนื้อเดียวกัน ในวัฏภาคแก๊สระหว่างโมเลกุลของเชื้อเพลิง หรือ โมเลกุลที่เกิดจากการแตกตัวของเชื้อเพลิง และออกซิเจน ซึ่งโดยทั่วไปใช้อากาศ ปฏิริยาในวัฏภาคมีความซับซ้อนมากทั้งในส่วนอง จำนวนปฏิริยาที่เกิดขึ้น และส่วนที่เกี่ยวข้องกับขอบเขต และพื้นผิวของภาชนะ เป็นอุปกรณ์ที่บรรจุอยู่

2.7.2 สภาวะที่จำเป็นในการเริ่มปฏิริยา

2.7.2.1 องค์ประกอบที่จำเป็นทั้งสาม ปฏิริยาเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีตัวทำปฏิริยา และสภาวะที่เหมาะสม ปฏิริยาการเผาไหม้ คือ ปฏิริยาออกซิไดซ์เชื้อเพลิงให้กลายเป็นออกไซด์ ซึ่งเป็นปฏิริยาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสมบูรณ์ การเผาไหม้ทั่วไป การทำปฏิริยา คือ เชื้อเพลิง (ซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่) แต่อากาศซึ่งจะเริ่มเกิดปฏิริยาได้ ต่อเมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมซึ่งก็คือแหล่งให้ความร้อนเพื่อจุดไฟ ดังนั้นอาจแสดงองค์ประกอบทั้ง 3 ได้จากกราฟสามเหลี่ยมดังรูปภาพที่ 2.5



รูปภาพที่ 2.5 องค์ประกอบที่จำเป็นจะเกิดปฏิริยา การเผาไหม้

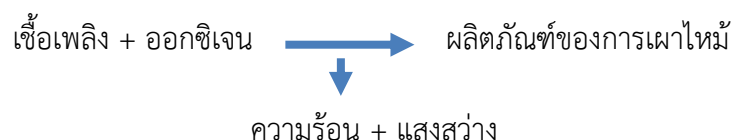
ที่มา : กาญจนา บุญเกียรติ, 2544

การเริ่มต้นปฏิกิริยาการเผาไหม้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เริ่มด้วยการแตกตัวของโมเลกุลของเชื้อเพลิงที่เป็นอนุมูลอิสระก่อน แหล่งจุดไฟ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะให้พลังงานส่วนแรกแก่ส่วนผสม ระหว่างเชื้อเพลิงและออกซิเจน ทำให้เชื้อเพลิงเกิดการแตกตัวเป็น อนุมูลอิสระจำนวนมากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเผาไหม้ เมื่อเริ่มเกิดการเผาไหม้แล้ว แหล่งจุดไฟจะไม่จำเป็นอีก เพราะพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ส่วนต้นมากเกินพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงส่วนที่เหลือ เกิดการแตกตัวและเผาไหม้อย่างต่อเนื่องได้เองจนสมบูรณ์

2.7.2.2 ชีตจำกัดของการเกิดเปลวไฟ ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถเกิดได้ในช่วงความดันและอุณหภูมิกว้าง ถ้าส่วนผสมระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงและอากาศ เกิดปฏิกิริยาภายใต้ความดันสูง และเป็นปฏิกิริยาที่มีความเร็วเหนือเสียง (Supersonic reaction) เรียกว่าการระเบิด และถ้าส่วนผสมของอากาศกับออกซิเจนกับก๊าซเชื้อเพลิงที่ความดันบรรยากาศ หรือภายใต้ความดันต่ำ จะเป็นปฏิกิริยาที่เกิดความเร็วต่ำกว่าเสียง (Subsonic reaction) เรียกว่าการเผาไหม้ด้วยความร้อน แต่คำที่นิยมใช้มากคือ การเกิดเปลวไฟ

2.7.3 การเกิดเปลวไฟ การที่เกิดเปลวไฟขึ้นได้นั้นต้องเริ่มจากส่วนผสมที่เหมาะสมถ้าเริ่มจากเชื้อเพลิงอย่างเดียว การเผาไหม้จะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าเลือกจากอากาศหรือสารออกซิไดซ์อย่างเดียว การเผาไหม้ก็ไม่เกิดขึ้นเช่นกันส่วนผสมที่ทำให้เกิดเปลวไฟขึ้นได้ อยู่ระหว่างส่วนผสมที่มีเชื้อเพลิงเจือจางที่สุด (Lean mixture) ที่เกิดเปลวไฟขึ้นได้ เรียกขีดจำกัดขั้นต่ำของการเกิดเปลวไฟ (Lower Limit Flammability) และส่วนผสมที่มีเชื้อเพลิงเข้มข้นที่สุด (rich mixture) ที่ยังคงเกิดเปลวไฟได้ เรียกขีดจำกัดสูงสุดของการเกิดเปลวไฟ (Upper Limit Flammability) ช่วงกว้างของส่วนผสมนี้ เรียกว่า ขีดจำกัดของการเกิดเปลวไฟ (Limit of Flammability)

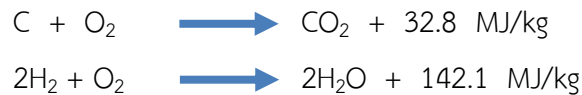
2.7.4 กระบวนการเผาไหม้ หมายถึง ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างออกซิเจนกับสารเผาไหม้ได้ (Combustible Element) ของเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง ๆ สารเผาไหม้ประกอบธาตุหลัก 3 ตัว คือ คาร์บอน ไฮโดรเจนและกำมะถัน ปฏิกิริยาจะปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ผลผลิตที่ได้จากการเผาไหม้หรือที่เรียกว่าก๊าซไอเสีย



ประกอบไปด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไอน้ำ (H₂O) และไนโตรเจน (N₂) จะเป็นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

สำหรับกำมะถันนั้นขณะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนจะให้ความร้อนไม่มากนักเมื่อเทียบกับคาร์บอนและออกซิเจนในทางตรงกันข้ามกลับเพิ่มปัญหาในการกักถ้อนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์รวมทั้งทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ

สำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของคาร์บอนและไฮโดรเจนกับออกซิเจนนั้น เขียนเป็นสมการได้ดังนี้



พบว่า ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ดังกล่าวนี้ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน โดยปลดปล่อยความร้อนออกมาประมาณ 32.8 MJ/kg ของคาร์บอน และ 142.1 MJ/kg ของไฮโดรเจน

จากข้อมูลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง นำมาคำนวณปริมาณออกซิเจนหรืออากาศทำให้เป็นปฏิกิริยาพอดีกับเชื้อเพลิง (อากาศที่ต้องการตามทฤษฎี) ได้และนำมาคำนวณปริมาณผลผลิตแต่ละชนิดที่ได้จากปฏิกิริยาได้เช่นกัน ในทางปฏิบัติการเผาไหม้ในอุตสาหกรรมหรือการใช้งานทั่วไป ต้องการการเผาไหม้สมบูรณ์ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ ต้องการประหยัดเชื้อเพลิง ต้องการความร้อนสูงสุดจากการเผาไหม้ และไม่ต้องการให้เกิดมลพิษที่เกิดจากปฏิกิริยาเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น จึงต้องใช้สภาวะที่เอื้ออำนวยการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้มากที่สุด สภาวะอันหนึ่งคือ การใช้ปริมาณอากาศเกินพอ (Excess air) เพื่อให้โมเลกุลของเชื้อเพลิง หรือโมเลกุลที่มาจากการแตกตัวของเชื้อเพลิงมีโอกาสพบกับโมเลกุลของออกซิเจนมากมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินที่ใช้กับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ชนิดของเชื้อเพลิง	เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน
ถ่านโค้กที่ป้อนเข้าเตาหลอมด้วยมือ	1.50 – 2.00
ถ่านหินที่ใช้เตาหลอมชนิดลมเป่า	1.30 – 1.60
ผงถ่านหิน	1.20 – 1.40
เตาหลอมที่ใช้แก๊ส	1.10 – 1.20
เตาหลอมที่ใช้น้ำมัน	1.05 – 1.15

ที่มา : เซวาลิต ลิมมณีจิตร และคณะ, 2550

ตารางที่ 2.2 สีของเปลวไฟจากการเผาไหม้ ของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศกับปริมาณอากาศ

ปริมาณอากาศ	สภาวะภายในเตา (สีของเปลวไฟ)	สีของควัน
ปริมาณอากาศพอดี	เปลวมีสีแดงและรูปร่างอยู่ตัว มองเห็นส่วนลึกของเตาเผาได้ล่างๆ	สีเทาอ่อนหรือไม่มีสี
ปริมาณอากาศมากเกินไป	เปลวไฟมีสีขาวสว่างจ้า และภายในเตา เผาสว่าง	สีขาวหรือไม่มีสี
ปริมาณอากาศมาพอ	ภายในเตา เผาทั้งหมดมีสีแดงคล้ำ	ควันดำ

ที่มา : เชาวลิต ลิ้มณวิจิตร และคณะ, 2550

2.8 เตาให้ความร้อนของเหลวโดยใช้เชื้อเพลิง

2.8.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยี

ระบบเตาให้ความร้อนของเหลวโดยเชื้อเพลิงที่นิยมใช้มาก คือ ระบบเตาน้ำมันร้อน (Thermal Oil System หรือ Hot Oil System) ซึ่งเป็นการใช้เตาเชื้อเพลิง เพื่อให้ความร้อนแก่ของเหลวทำงานที่มีลักษณะคล้ายน้ำมัน ซึ่งมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี และมีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่ดีเยี่ยม ระบบจะทำงานโดยการไหลเวียนของของเหลวทำงาน (Thermal Oil) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับกระบวนการหลังจากนั้นของเหลวทำงานจะไหลกลับไปยังเตาเชื้อเพลิงเพื่อรับความร้อนก่อนไหลกลับไปยังกระบวนการอีกครั้งหนึ่ง อุณหภูมิการทำงานของระบบเตาน้ำมันร้อนจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำไปจนถึง 400 องศาเซลเซียส และใช้งานที่ความดันต่ำเมื่อเทียบกับระบบการให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ

2.8.2 ประเภทของการใช้งาน

เตาให้ความร้อนของเหลวโดยเชื้อเพลิงถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมที่ใช้อุณหภูมิต่ำจนถึงปานกลาง เช่น การอบแห้งให้อุตสาหกรรมสิ่งทอ เครื่องกลั่นไอน้ำ หอกกลั่นน้ำมัน ปาล์มในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม เตาปฏิกรณ์เคมีในอุตสาหกรรมเคมี เตาอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร การอบแห้งไม้ในอุตสาหกรรมไม้

2.8.3 ประโยชน์ของเทคโนโลยี

- 1) สามารถใช้งานกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอุณหภูมิต่ำจนถึงปานกลางได้เป็นอย่างดี
- 2) ประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรมได้หลายรูปแบบ
- 3) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เนื่องจากเป็นระบบปิดที่ไม่มีการรั่วไหลของของเหลวในระบบส่งจ่ายเหมือนระบบไอน้ำ
- 4) มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง
- 5) มีความปลอดภัย และใช้งานง่ายกว่าระบบไอน้ำเนื่องจากทำงานที่ความดันต่ำกว่า

2.8.4 ข้อพิจารณาในการนำมาใช้

- 1) การเลือกประเภทของเตา ควรเลือกเตาที่มีประสิทธิภาพการให้ความร้อนสูง
- 2) การเลือกประเภทของของเหลวทำงาน ต้องเลือกของเหลวทำงาน (Thermal Oil) ที่มีความเหมาะสมกับช่วงอุณหภูมิใช้งาน มีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่ดี มีอายุการใช้งานนาน และไม่เป็นพิษต่อคนและสิ่งแวดล้อม
- 3) การใช้งานและบำรุงรักษา จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดรั่วไหลของของเหลวทำงานขึ้นในระบบโดยทั่วไประบบนี้จะไม่ใช้กับการให้ความร้อนแก่กระบวนการที่มีต้องการสัมผัสกับอาหาร

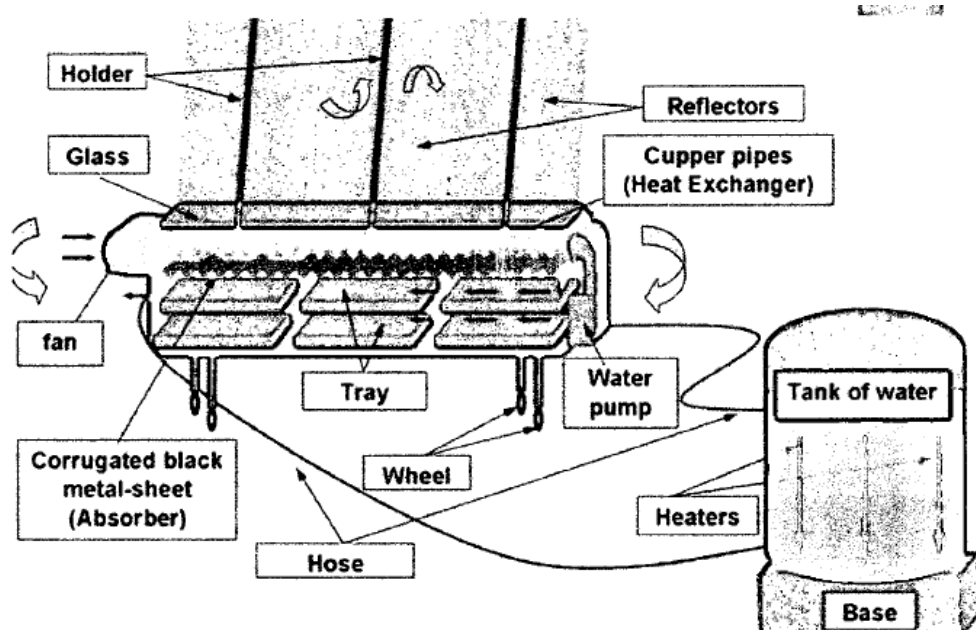
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาฟีละห์ กาแม และคณะ. (2560) จากงานวิจัย พบว่า เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกล้วยที่ได้ จากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์-ลมร้อนเทียบกับการตากแห้งแบบทั่วไป โดยออกแบบตู้อบแห้งที่ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหลักและพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริม จากการทดสอบ เก็บข้อมูล 3 วัน โดยทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้งของกล้วย ใช้ระยะเวลาอบ 5 ชั่วโมงและเก็บข้อมูล ทุก ๆ 20 นาที โดยอบกล้วยอย่างละ 1 กิโลกรัม ทำการอบ 3 วิธีด้วยกัน คือ การตากกล้วยแบบ ธรรมชาติ การอบแห้งกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์- ลมร้อน และทำการเก็บ ข้อมูลในช่วงเวลา 10.00 น. – 15.00 น. อุณหภูมิสูงสุดภายในตู้อบขณะมี 17 กล้วย พบว่าการตากกล้วยทั้ง 3 วิธี มี อุณหภูมิมากที่สุดเท่ากับ 46.85 องศาเซลเซียส, 41.00 องศา เซลเซียส, 40.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และการตากกล้วยแบบธรรมชาติ มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 102.02 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 104.08 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง การอบแห้ง กล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 108.33 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง มีความชื้น สุดท้ายอยู่ที่ 34.54 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง และการอบแห้งกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์-ลมร้อน มีความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ 30.61 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง มีความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 27.70 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง

ขวัญชัย ไกรทอง และอดิพงษ์ นันทพันธุ์. (2005) ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางซึ่งดัดแปลงจากคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศรถยนต์ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 65 °C กับอากาศที่อุณหภูมิห้อง พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศซึ่งอยู่ในช่วง 0.1 และ 0.4 กก./วินาที จำนวนคอนเดนเซอร์ 1-3 ชุด และทิศทางการไหลของน้ำร้อนและอากาศสองแบบ คือ แบบไหลสวนทางและไหลตามกัน จากการศึกษา พบว่า ค่าประสิทธิผลของการแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ระหว่าง 0.4 และ 0.9 ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ จำนวนคอนเดนเซอร์ และทิศทางการไหลของน้ำและอากาศ และนอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ประเมินค่าประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยน

ความร้อน ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถทำนายผลการทดลองได้ทั้งหมดในช่วง $\pm 10\%$ จากการเปรียบเทียบสมรรถนะและราคากับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบปกติ พบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เชิงปฏิบัติสูง

B.M.A. Amer a และคณะ สืบค้นข้อมูลจาก อาณัฐ พริกเล็ก. (2557) ได้ทำการศึกษา และสร้าง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ชนิด เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำ ดังรูปภาพที่ 2.6 เครื่องอบแห้งประกอบด้วยแผงรับรังสีอาทิตย์วงเล็บกระจก เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำ และห้องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงาน รวมได้ใช้พลังงานความร้อนในการอบแห้งจากแสงอาทิตย์ และ ยังใช้บริการ ดังใช้ระบบการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่ มีประสิทธิภาพของการนำพลังงานหมุนเวียน กลับมาใช้ถึง 65% และเครื่องอบแห้ง สามารถทำอุณหภูมิ ได้สูงกว่าอุณหภูมิ แวดล้อมภายนอกถึง 30-40 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบโดยใช้กล้วย เป็น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ที่ใช้อบแห้ง พบว่า การทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมนั้น พบกล้วยด้วย ระบบพลังงานแสงอาทิตย์- ระบบและเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำใช้กล้วยในการอบทั้งหมด 30 กิโลกรัม ภายใน 8 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นจากกล้วย 80% DB จนเหลือความชื้นสุดท้าย 18% DV ใน ขณะเดียวกัน การเปรียบเทียบกับ การต่าง แบบเปิดวงเล็บ อาจโดยวิธีธรรมชาติพบว่า ในที่เวลา เท่ากัน มีความชื้น สุดท้ายเท่ากับ 62% DB สัตว์และ ผลิตภัณฑ์อบแห้งจากคืออบแห้ง พลังงานร่วม มีคุณภาพสีกิน และลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ ดีกว่าการตากโดยธรรมชาติ



รูปภาพที่ 2.6 แสดงระบบการทำงานของเครื่องอบแห้ง พลังงานร่วมแสงอาทิตย์ – ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำ

พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ. (2022) ทำการศึกษาและวิจัยการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาทำงาน ร่วมกับพลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์เพื่อช่วยเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง เมื่อค่า Water activity ต่ำกว่า 85% ของ น้ำหนักของปลา โดยใช้ อุปกรณ์ซึ่งน้ำหนัก Arduino load cell ทำหน้าที่ส่งสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ ผลิต โครงสร้างของเครื่องประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 550 W ฮีตเตอร์ขนาด 300 W Arduino load cell เครื่อง ควบคุมความชื้นและควบคุมอุณหภูมิ มีกำลังการผลิต 4 kg/ครั้ง การทดสอบจะใช้ ปลาตุ๋นเป็นวัตถุดิบและใช้อุณหภูมิ ระหว่าง 50-60 °C โดยแบ่งการทดสอบวิธีการผลิต 3 รูปแบบ จากการทดสอบพบว่า การตากแบบธรรมชาติ ใช้ระยะ เวลาในการผลิต 5 hr/ครั้ง ซึ่งการตากโดย เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ระยะเวลาในการผลิต 3.5 hr/ครั้ง และ การตากในเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซลาร์เซลล์ใช้ระยะเวลาในการผลิต 3 hr/ครั้ง การอบปลาตุ๋นแดด เดียว โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับโซลาร์เซลล์ใช้ระยะเวลาในการผลิตน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม เครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์มีจุดคุ้มทุนมากที่สุด

สินสุภา จุ้ยจุลเจิม. (2545) พัฒนาต้นแบบตู้อบแห้งลมร้อนโดยใช้แสงอาทิตย์เพื่อ ลดปัญหาดังกล่าว ตู้อบแห้งนี้ประกอบด้วย ตัวตู้ที่มีตะแกรงตากผลไม้ 5 ชั้น มีแผงรับรังสีความร้อน ติดกับตัวตู้ และมีแผงผลิตกระแสไฟฟ้าตรงด้วยแสงอาทิตย์ (แผงโซลาร์เซลล์) ในตู้จะมีพัดลมทำหน้าที่ หมุนเวียน อากาศร้อน โดยพัดลมนี้จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์เป็นแรงขับเคลื่อน อุณหภูมิ ภายในตู้อบจะอยู่ในช่วง 40-55 องศาเซลเซียสซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ลมร้อนที่หมุนเวียนใน ตู้จะมี ความเร็วลมประมาณ 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มอัตราการอบแห้ง ผลไม้ที่ใช้เป็นตัวอย่งใน การทดลองคือมะดันดองในน้ำเกลือ (ตัวอย่างจากกลุ่มแม่บ้านตำบลสาริกา) ซึ่งปกติจะใช้เวลาใน การตากประมาณ 3 วัน แต่เมื่อนำมะดันไปอบแห้ง ในตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าความชื้น ในมะดันลดลงจากความชื้นเริ่มต้น 85% เหลือความชื้น 20% ภายในระยะเวลา 36 ชั่วโมง อัตราอบแห้ง โดยใช้ตู้อบนี้จะสูงกว่าอัตราการอบแห้งโดยวิธีเดิม ระยะเวลาที่อบแห้งลดลงเหลือ ประมาณ 60% นอกจากนี้การใช้ตะแกรง 5 ชั้นซ้อนกันจะช่วยลดพื้นที่ที่ใช้ในการตากลงได้มากกว่า 50%

Arekornchee. (2016) ศึกษาการใช้โรงอบแห้ง พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์สะสมความ ร้อนแบบภาวะเรือนกระจก ร่วมกับเครื่องอบแห้งลมร้อน แบบชั้นวางโดยใช้แก๊สทุ้งต้มเป็น แหล่งกำเนิดความร้อน สำหรับการอบแห้งพืชผักและผลไม้ โรง อบแห้งพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ขนาด 6.00 x 6.00 x 1.8 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ตัวโรงอบ คลุมด้วยโพลีคาร์บอเนตใส และใช้ เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สทุ้งต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อน 32 ขนาด 1.22 x 2.44 x 1.22 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) มีชั้นตะแกรงสแตนเลส ขนาด 0.75 x 1.00 เมตร (กว้าง x ยาว) จำนวน 20 ถาด มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ประมาณ 30-60% มีการใช้ ความเร็วลมที่ 1.4 m/s การทดสอบอบแห้งใช้พริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือและกล้วยน้ำว้าตัวอย่างละ 100 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้ง

พริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือจากความชื้นเริ่มต้น 78% เหลือ 12% โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบชั้นวางอุณหภูมิ 60 °C นาน 8 hr และต่อด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ 2 วัน ส่วนการ ทดสอบอบแห้งกล้วยน้ำว้าจากความชื้นเริ่มต้น 65% เหลือ 22% โดยมีวิธีการคือใช้ตู้อบลมร้อนแบบ ชั้นวาง อุณหภูมิ 75 °C 10 hr แล้วเก็บแบบหมักไว้ 10 hr และนำไปตากด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ อีก 2 วัน ซึ่งการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการทำแห้งถือว่าเป็น พลังงานสะอาดและประหยัด

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดกระบวนการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การวางแผนกระบวนการงานวิจัย

3.1.1 วางแผนกำหนดแนวทางการดำเนินงานวิจัย

3.1.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1) ศึกษาข้อมูลทฤษฎีเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

3.1.3 ขอบเขตในการสร้างชุดต้นแบบ ในการสร้างชุดต้นแบบ มีองค์ประกอบหลังประกอบด้วย

1) ชุดเตาเผาแบบใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง

2) ดัดแปลงหม้อต้มจากถังน้ำยาแอร์เก่า

3) ใช้หม้อน้ำรถยนต์เป็นแผงคอยล์ร้อน

4) ใช้พัดลมดูดอากาศขนาด 12 นิ้ว ขนาด 60 วัตต์ เป็นพัดลมดูดลมร้อน

5) ใช้ปั๊มน้ำขนาด ½ นิ้ว แรงดันไฟฟ้า 12 Volt สำหรับไหลเวียนน้ำในระบบ

3.1.4 ขอบเขตการทดสอบและเก็บข้อมูล

1) กำหนดอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 3 ระดับ

2) กำหนดการปรับระดับพัดลมเป่าเตาเผา 3 ระดับ

3) กำหนดการปรับระดับปริมาณการดูดลมร้อน เป็น 3 ระดับ

4) เก็บข้อมูลความสามารถในการเพิ่มความร้อน ตามปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่สัมพันธ์กับการปรับปริมาณลมที่จ่ายให้ตู้อบ

5) หาค่าอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทำได้

6) ทดสอบวัดอุณหภูมิกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาโบลา ชนิดเคลื่อนที่ ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.2 เมตร สูง 1.5 เมตร

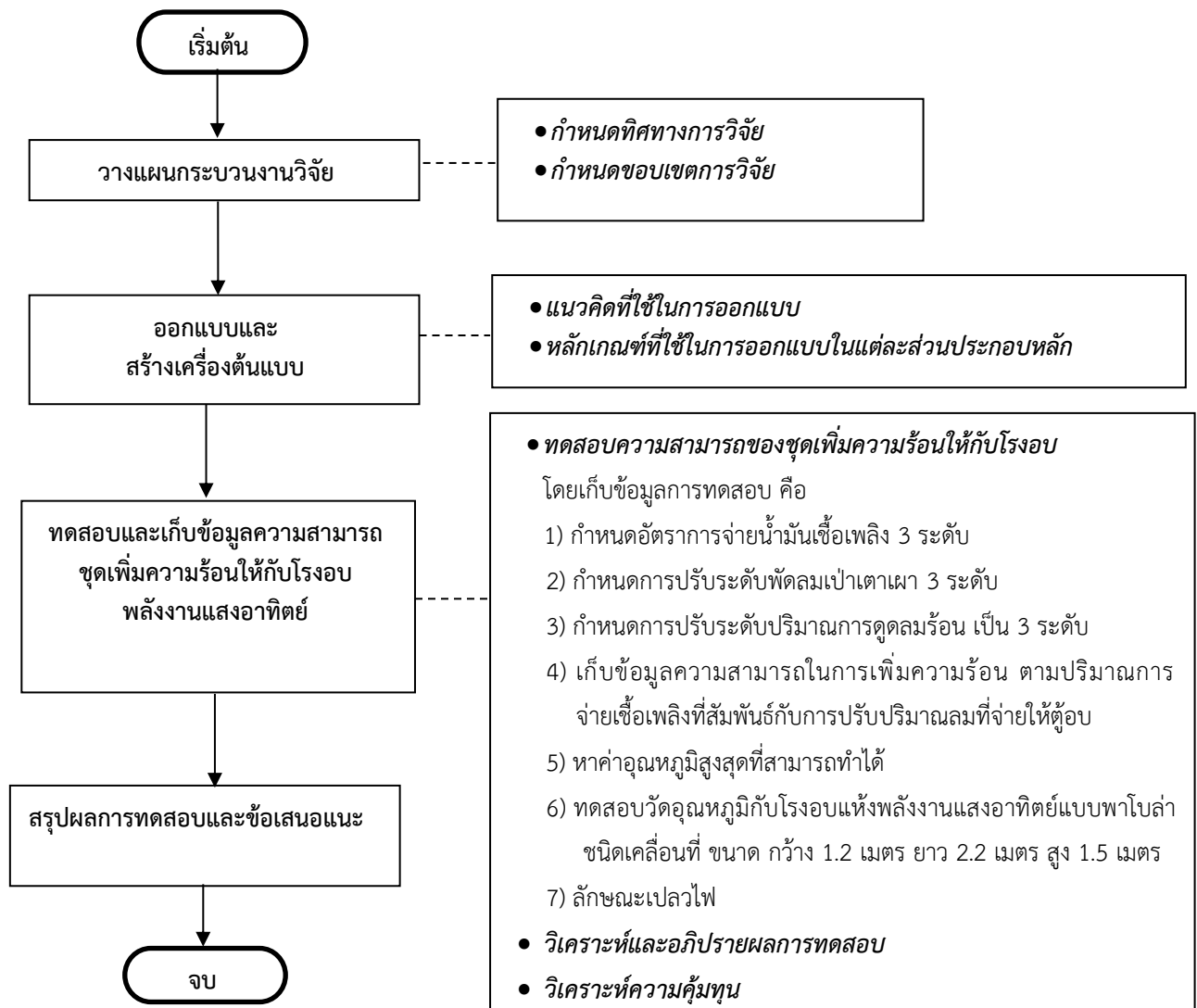
7) สีของเปลวไฟ

3.2 ขั้นตอนวิธีดำเนินงาน

1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลทฤษฎีเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ

2) วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์

- 3) ออกแบบและจัดทำชุดต้นแบบ โดยให้สามารถติดตั้งกับโรงอบตากได้อย่างสะดวก สามารถถอดประกอบ เคลื่อนย้ายง่าย พร้อมระบบตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นในโรงอบฯ
- 4) จัดหา/จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ โดยประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป ไม่มีความซับซ้อน
- 5) สร้างชุดต้นแบบ โดยสร้างจากตามแบบรูปที่กำหนดไว้ แบบแนวคิดที่กำหนดเป็นเครื่องต้นแบบ สำหรับใช้ในการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงาน
- 6) ทดสอบเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่เป็นการทำงานเสมือนจริงของเครื่อง เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการเพิ่มความร้อน ตามปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่สัมพันธ์กับการปรับปริมาณลมที่จ่ายให้ตู้อบ ได้แก่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ระบบถ่ายเทความร้อนจากหม้อน้ำไปยังโรงอบ โดยการเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดอากาศผ่านรังผึ้งความร้อน แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ พัดลมดูดอากาศความเร็วเบาสุด ปานกลาง และแรงสุด เทียบเปรียบกับอุณหภูมิ ในโรงอบฯ
- 7) ปรับปรุงแก้ไข เป็นการปรับปรุงเครื่องต้นแบบภายหลังการทดสอบ หากมีจุดใดที่ควรปรับปรุงแก้ไขให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้
- 8) จัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้อง เป็นการจัดทำเอกสารการวิจัย เพื่อเผยแพร่ผลการวิจัยในช่องทางต่าง ๆ ให้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจต่อไป



ภาพที่ 3.1 สรุปขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์

3.3 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

3.3.1 การออกแบบชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่มีรายละเอียดดังนี้

1) แนวคิดที่ใช้ในการออกแบบชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์

การพัฒนาชุดเพิ่มความร้อนให้กับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ เป็นการเพิ่มศักยภาพของโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับแหล่งพลังงานทางเลือกมาทดแทน เช่น เตาเผาจากน้ำมันพืชเก่า หรือน้ำมันเครื่องที่ผ่านการใช้งานแล้ว เป็นต้น เพื่อใช้ในแหล่งพลังงานการให้ความร้อนสำหรับการอบแห้งภายในโรงอบตากเป็นการอบแห้งแบบผสมผสาน (Hybrid drying) ทำให้โรงอบตากมีประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มมากขึ้น

2) หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบจะใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ สามารถหาซื้อได้โดยทั่วไป ราคาถูก ประกอบกับ การนำเชื้อเพลิงจากน้ำมันเก่าที่ใช้แล้ว นำมาใช้เผาเพื่อเป็นแหล่งพลังงานความร้อน สำหรับการต้มน้ำ และเพิ่มความร้อนจะเป็นระบบปิดและมีระบบแลกเปลี่ยนความร้อน มีระบบแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำ ผ่านรังผึ้งหม้อน้ำรถยนต์ เพื่อการนำอากาศร้อนที่สะอาด ปลอดภัยเข้าโรงอบตากฯ เหมาะสำหรับการอบแห้งผลผลิตที่เป็นอาหารหรือสมุนไพร ประกอบด้วยอุปกรณ์และชิ้นส่วนสำคัญ ๆ แสดงดังภาพต่อไปนี้



รูปภาพที่ 3.2 โรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาโบล่า ชนิดเคลื่อนที่
ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.0 เมตร สูง 1.6 เมตร



รูปภาพที่ 3.3 ชุดเตาเผาแบบใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง



รูปภาพที่ 3.4 พัดลมดูดอากาศขนาด 12 นิ้ว ขนาด 60 วัตต์



รูปภาพที่ 3.5 ดัดแปลงหม้อต้มจากถังน้ำยาแอร์เก่า



รูปภาพที่ 3.6 หม้อน้ำรถยนต์เป็นแผงคอยล์ร้อน



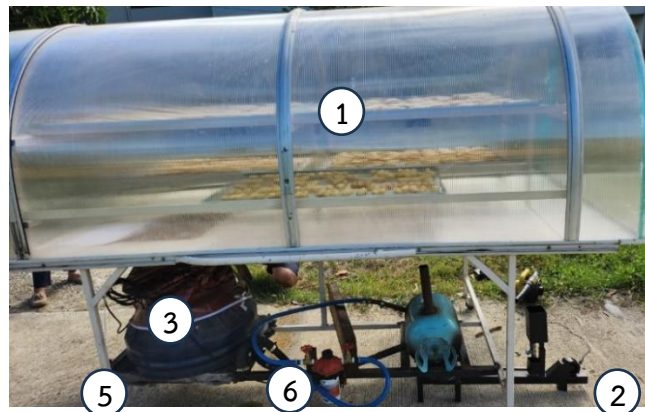
รูปภาพที่ 3.7 ปั้มน้ำขนาด 1/2 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า 12 Volt สำหรับไหลเวียนน้ำในระบบ



รูปภาพที่ 3.8 พัดลมเติมอากาศในเตาชนิดหอยโข่ง ขนาด 6 นิ้ว



รูปภาพที่ 3.9 ชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้น



รูปภาพที่ 3.10 แสดงตำแหน่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์

รูปภาพที่ 3.10 แสดงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดเพิ่มความร้อนให้กับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 โรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาโบล่า ชนิดเคลื่อนที่

หมายเลข 2 ชุดเตาเผาแบบใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง

หมายเลข 3 พัดลมดูดอากาศ

หมายเลข 4 หม้อต้มที่ดัดแปลงจากถังน้ำยาแอร์เก่า

หมายเลข 5 หม้อน้ำรถยนต์

หมายเลข 6 ป้อน้ำขนาด 1/2 นิ้ว

หมายเลข 7 พัดลมเติมอากาศ

หมายเลข 8 ชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

บทที่ 4

ผลการทดสอบเก็บข้อมูล

ภายใต้การวิจัยในโครงการจัดทำชุดเติมความร้อนที่ใช้สำหรับตู้อบผลผลิตการเกษตรขนาดเล็กสำหรับครัวเรือนเกษตรกร มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อจัดทำชุดเติมความร้อนให้กับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ 2) เพื่อทดสอบการทำงานและเก็บข้อมูลวิเคราะห์ โดยทำการทดสอบกับตู้อบแสงอาทิตย์ขนาด 1.2×2 เมตร ด้วยเตาชีวมวลชนิดใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิง ต้มน้ำในหม้อต้มดัดแปลง ใช้ปั๊มน้ำไหลวนน้ำผ่านรังผึ้ง ให้พัดลมดูดความร้อนจากแผงคอลล์ร้อนเข้าไปในตู้อบ ผลการทดสอบสามารถแบ่งเป็นประเด็นหลัก ๆ ดังนี้

ประเด็นที่ 1) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาใน 3 ระดับ หน่วยเป็นปริมาตร ต่อเวลา

ประเด็นที่ 2) ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสัมพันธ์กับปริมาณลมที่เป่าเข้าไปในเตาเผา ตามระดับการปล่อยน้ำมันเชื้อเพลิง

ประเด็นที่ 3) ทหารยะเวลาการทำความร้อนให้กับหม้อต้ม ที่ระดับการปล่อยเชื้อเพลิง และที่ทำให้น้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส

ประเด็นที่ 4) หาค่าความร้อนของลมร้อน กับปริมาณการไหลของอากาศผ่านรังผึ้ง สัมพันธ์กับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิง และปริมาณการเป่าลมเข้าเตาชีวมวล

ประเด็นที่ 5) แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการถ่ายเทความร้อนกับปริมาณการไหลของอากาศผ่านรังผึ้ง

ประเด็นที่ 1) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาใน 3 ระดับ หน่วยเป็นปริมาตร ต่อเวลา

เป็นการหาจุดเหมาะสมของการเผาไหม้ โดยสังเกตด้วยตาเปล่าที่ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ (ไร้ควัน) ซึ่งกำหนดค่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้พัดลมเติมอากาศในเตาชนิดหอยโข่ง ขนาด 6 นิ้ว แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ เบา กลาง และ แรง โดยสังเกตสีของเปลวไฟเมื่อสิ้นสุดสีแดง พร้อมวัดค่าความสูงของเปลวไฟ เมื่อเปลวไฟเปลี่ยนเข้าสู่สีฟ้า หรือน้ำเงินจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอัตราการจ่ายเชื้อเพลิงทั้ง 4 ระดับ แสดงค่าความสูงของเปลวไฟ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การสังเกตการจุดติดไฟของเตาเผา

น้ำมัน (l/hr.)	ปริมาณลมเข้าเตา $\text{m}^3/\text{ชม.}$		เปลวไฟ	
	ระดับปี่ลม	m^3/min	ลักษณะ	ความสูง (ชม.)
0.25	เบา	2	เหลือง	14
	กลาง	4	ฟู่	13
	แรง	6	ฟู่แรง	12
0.50	เบา	2	เหลือง	12
	กลาง	4	เหลืองฟู่	15
	แรง	6	ฟู่แรง	14
0.75	เบา	2	เหลือง	24
	กลาง	4	เปลวฟุ้ง	27
	แรง	6	ฟู่แรง	30
1.00	เบา	2	ลุก	42
	กลาง	4	ลุกฟู่	40
	แรง	6	ฟุ้งฟู่	35



รูปภาพที่ 4.1 ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง ระดับอากาศ 3 ระดับ



รูปภาพที่ 4.2 ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับอากาศ 3 ระดับ



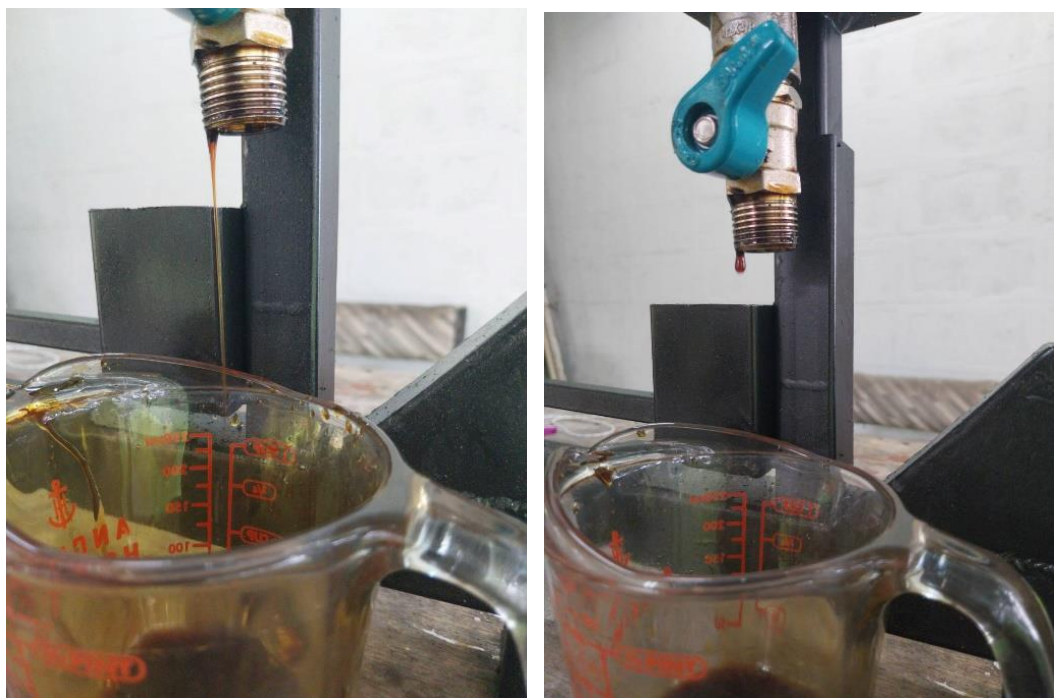
รูปภาพที่ 4.3 ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับอากาศ 3 ระดับ



รูปภาพที่ 4.4 ลักษณะการจุดติดไฟอัตราจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง ปรับอากาศ 3 ระดับ

ประเด็นที่ 2) ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสัมพันธ์กับปริมาณลมที่เป่าเข้าไปในเตาเผาตามระดับการปล่อยน้ำมันเชื้อเพลิง

เป็นการหาค่าปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้สัมพันธ์กับปริมาณการอัดอากาศเข้าไปในเตาเผาแล้วทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ (ไร้ควัน) ซึ่งอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่อเปิดพัดลมอัดอากาศระดับปานกลาง จะทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงเริ่มสมบูรณ์ และเมื่อจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง ปริมาณการเป่าลมเข้าสู่เตาที่ระดับความเร็วปานกลางค่อนข้างแรง จึงจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ในการจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง ต้องเปิดระดับพัดลมค่อนข้างแรงสูง จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์และการจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง ระดับการเปิดพัดลมอัดอากาศใกล้เคียงกับการจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง และสังเกตมีปริมาณน้ำมันส่วนเกินไหลย้อนมายังท่อเป่าลม เท่ากับว่าการจ่ายเชื้อเพลิงสูงเกินกำลังการเผาไหม้ของเตา



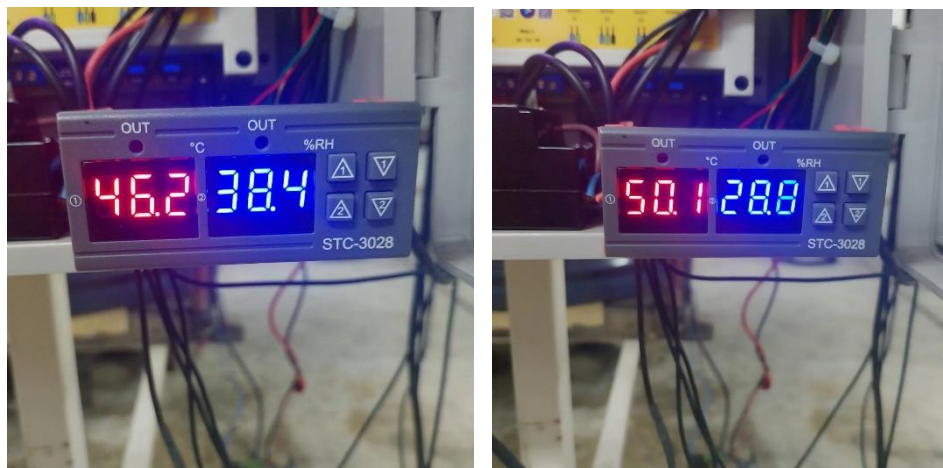
รูปภาพที่ 4.5 ทดสอบหาค่าการจ่ายเชื้อเพลิง

ประเด็นที่ 3) หาระยะเวลาการให้น้ำในหม้อต้มเดือด สัมพันธ์กับอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง

โดยหาช่วงระยะเวลาการต้มน้ำในหม้อต้มให้น้ำเดือด จากค่าการจ่ายเชื้อเพลิงที่กำหนด ที่การทำงานของเตาเหมาะสมแต่ละช่วงการจ่ายเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่า การจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง จะทำให้น้ำในหม้อต้มเดือดภายในเวลา ตามการเป่าลม 3 ระดับ คือ 20, 15 และ 12 นาที ตามลำดับ การจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง มีระยะเวลาดำเนินการต้มน้ำในหม้อต้มเดือดตามระดับการเป่าลม คือ 13, 11 และ 8 นาที ตามลำดับ การจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง จะมีระยะเวลาดำเนินการต้มน้ำถึงจุดเดือด 11, 9 และ 6 นาที ตามลำดับ และการจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้น้ำถึงจุดเดือดภายในเวลา 10, 8 และ 6 นาที ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2

ประเด็นที่ 4) หาค่าความร้อนของตู้อบ กับปริมาณการไหลของอากาศผ่านรังผึ้ง สัมพันธ์กับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิง และปริมาณการอัดอากาศเข้าเตาเผา

เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ (ในร่ม) วัดค่าความร้อนจากการจ่ายเชื้อเพลิง 0.5 , 0.75, และ 1 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งใช้ปริมาณการดูดอากาศผ่านรังผึ้งความร้อนแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ เบาสุด วัดปริมาณลม 0.036 ลบ.ม./นาที ($V=0.5 \text{ ms}^{-1}$) วัดปริมาณอากาศความเร็วปานกลาง วัดปริมาณลม 0.22 ลบ.ม./นาที ($V=3 \text{ ms}^{-1}$) และวัดปริมาณอากาศแรงสุด วัดปริมาณลม (0.36 ลบ.ม./นาที ($V=5 \text{ ms}^{-1}$)) สามารถวัดอุณหภูมิตามอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 4 ระดับ ประกอบด้วย 0.25, 0.50, 0.75, และ 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่าอุณหภูมิคงที่ในตู้อบที่ระดับการจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง คือ 42, 38, 37, และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิในตู้อบคงที่ วัดได้ 46, 44, 42, และ 38 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในการจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิในตู้อบคงที่ วัดได้ 56, 52, 47, และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในการจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิในตู้อบคงที่ วัดได้ 56, 52, 47, และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และการจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิในตู้อบคงที่ วัดได้ 61, 57, 52, และ 48 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2



รูปภาพที่ 4.6 ทดสอบเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในตู้อบ

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการทำความร้อนให้ตู้อบที่สัมพันธ์กับการจ่ายเชื้อเพลิง และปริมาณลมดูด

น้ำมัน (l/hr.)	ระดับป้อนลมดูด	ปริมาณลม (ม ³ /ชม.)	อุณหภูมิสูงสุดใน ตู้อบ (°C)	ระยะเวลาให้ความร้อน หม้อต้ม 100 °C (นาที)
0.25	เบา	0.036	42	20
	กลาง	0.220	38	15
	แรง	0.360	35	10
0.50	เบา	0.036	48	13
	กลาง	0.220	43	9
	แรง	0.360	39	7
0.75	เบา	0.036	56	9
	กลาง	0.220	52	7
	แรง	0.360	47	5
1.00	เบา	0.036	61	8
	กลาง	0.220	57	7
	แรง	0.360	52	5

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผล

การวิจัยและพัฒนาชุดเติมความร้อนให้กับโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองที่ได้ในการวัดความสัมพันธ์ของการจ่ายเชื้อเพลิงสัมพันธ์กับปริมาณการเป่าลมเข้าไปในเตาเผา ปริมาณลมน้อยเกินไปจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ปริมาณลมสูงเกินไปจะทำให้การติดไฟดีมีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ แต่กระแสลมที่แรงก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของขี้เถ้า และสิ่งต่าง ๆ ซึ่งตรงตามทฤษฎีของการเผาไหม้เชื้อเพลิง และสังเกตเห็นได้จากสีของเปลวไฟ สำหรับการส่งผ่านความร้อนจากรังผึ้งไปยังโรงอบจะมีผลตามปริมาณความร้อนที่หม้อต้มทำได้ โดยพัดลมดูดอากาศจะทำให้อุณหภูมิแปรผันตรงข้ามกับปริมาณลมที่ผ่านรังผึ้ง เมื่อพัดลมทำงานที่ความเร็วต่ำส่งผลให้อุณหภูมิในโรงอบสูงขึ้น สืบเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนออกจากรังผึ้งมีน้อยกว่าความสามารถในการทำความร้อน อุณหภูมิจะถูกผลักดันออกนอกโรงอบน้อย เกิดการสะสมของความร้อนในระบบ เป็นไปในแนวทางเดียวกับทฤษฎีที่กล่าวได้ว่า เป็นการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวาง ซึ่งแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำซึ่งมีอุณหภูมิที่สูงและอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับพัดลมดูดอากาศผ่านรังผึ้งจนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าความสามารถในการทำความร้อนจะทำให้อุณหภูมิของระบบการอบลดลง และยังเพิ่มรอบพัดลมดูดอากาศจะยิ่งทำให้อุณหภูมิของระบบลดต่ำลง

ในการนำพาความร้อนโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง แสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ของเตาเผาต้มน้ำในหม้อต้มจะเกิดการสะสมพลังงานความร้อนไว้ในน้ำ เมื่อไหลเวียนน้ำนำความร้อนไปยังรังผึ้ง ความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกนำเข้าไปยังโรงอบ ส่วนที่เหลือจะไหลวนเข้าไปเพิ่มความร้อนในหม้อต้ม เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนต่ำ

5.2 สรุป

ชุดเติมความร้อนให้กับโรงอบตากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการเสริมพลังงานความร้อนที่สะอาดให้กับการอบผลผลิต มีผลดีในการถนอมอาหารหรือสมุนไพร ซึ่งชุดเติมความร้อนในโครงการวิจัยยังใช้สิ่งเหลือใช้มาเป็นเชื้อเพลิงนำมาทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเก็บสะสมไว้ในน้ำ และไหลเวียนผ่านรังผึ้งเพื่อถ่ายเทความร้อนให้โรงอบตากอย่างสม่ำเสมอ ประกอบด้วยองค์ประกอบของชุดเติมความร้อน ได้แก่ 1) เตาเผาชนิดใช้น้ำมันเก่าเป็นเชื้อเพลิงมีพัดลมดูดอากาศไป

เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง ลำดับถัดมาได้แก่ หม้อต้ม ดัดแปลงมาจากถังน้ำยาเครื่องปรับอากาศเก่า นำมาเจาะทำช่องทางน้ำเข้า - ออก โดยให้ทางน้ำออกต่ำกว่าทางน้ำเข้า ด้านบนเจาะเป็นช่องทางเติมน้ำเข้าหม้อต้ม และต่อท่อน้ำเข้ารังผึ้งผ่านท่ออย่างทนความร้อน น้ำร้อนจะไหลเข้ารังผึ้ง เมื่อผ่านการส่งถ่ายความร้อนด้วยการดูดอากาศ น้ำจะถูกปั๊มน้ำดูดส่งเข้าหม้อต้มเพื่อทำความร้อนต่อไป

ในการทดสอบสีเปลวไฟที่จะส่งผลถึงการเผาไหม้และความร้อนที่เกิดขึ้น จากการปล่อยเชื้อเพลิง 4 ระดับ พบว่าอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง สังเกตการเผาไหม้ด้วยตาเปล่า โดยกำหนดให้สีเหลืองของเปลวไฟหมดไป เมื่อการประระดับพัฒนาระดับปานกลาง และอัตราการปล่อยเชื้อเพลิงอัตรา 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง ระดับการปรับความเร็วพัฒนาระดับปานกลางถึงค่อนข้างแรงจึงจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ เมื่ออัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง การปรับพัฒนาระดับปานกลางถึงค่อนข้างแรงจึงทำให้เปลวไฟเผาไหม้ดี และการจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง ต้องปรับพัฒนาระดับปานกลางถึงค่อนข้างแรงจึงจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

สำหรับการนำอากาศร้อนจากรังผึ้งเข้าโรงอบ โดยการทำเสื้อหุ้มพัฒนาระดับปานกลางเข้าปะปนกับอากาศร้อนจากรังผึ้ง ส่งผ่านท่อลมเข้าไปยังโรงอบต่อไป ในการทดลองการทำงานกำหนดให้มีการจ่ายเชื้อเพลิงเข้าเตาเผาเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 ลิตรต่อชั่วโมง และแบ่งระดับพัฒนาระดับปานกลางเข้าเตาเผาเป็น 3 ระดับ คือ เบาสุด ปานกลาง และ แรงสุด (พัฒนาระดับปานกลางเข้าเตาเผาขนาด 6 นิ้ว กำลังไฟ 15 วัตต์) และพัฒนาระดับปานกลาง 12 นิ้ว ชนิดกระแสสลับ ขนาด 12 โวลต์ กำหนดรอบการทำงานโดยใช้สวิตช์ปรับรอบ ด้วยการกำหนดความเร็วพัฒนาระดับปานกลางเป็น 3 ระดับ วัดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม คือ 0.5, 3, และ 5 เมตรต่อวินาที (เมื่อนำมาคำนวณปริมาณลมได้ 0.036, 0.22 และ 0.36 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีตามลำดับ) ผลการทดสอบ พบว่าปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง ความเร็วปรับรอบพัฒนาระดับปานกลางเข้าเตาเผาขนาดปานกลาง ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ อุณหภูมิน้ำถึงจุดเดือด ใช้ระยะเวลา 10 นาที และอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง เมื่อระดับการเผาไหม้สมบูรณ์ ใช้ระยะเวลา 7 นาที น้ำจึงจะถึงจุดเดือด เมื่อจ่ายเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้ระยะเวลา 5 นาที น้ำจึงจะถึงจุดเดือด ส่วนการจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำจะถึงจุดเดือดใช้ระยะเวลา 5 นาที

ในการวัดการทำงานของระบบโดยวัดค่าอุณหภูมิในโรงอบ ในการทดลองพบว่าความสามารถในการทำความร้อนของหม้อต้ม จากปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ทำให้ความร้อนในระบบแปรผันตามปริมาณของอากาศที่ผ่านรังผึ้ง โดยมีค่าผกผันกัน คือ เมื่ออากาศผ่านรังผึ้งในอัตราที่สูงจะทำให้โรงอบมีอุณหภูมิลดลง ในขณะที่ลดปริมาณอากาศผ่านรังผึ้งจะยังทำให้อากาศภายใน

โรงอบตากสูงขึ้น และในการเพิ่มการจ่ายเชื้อเพลิงยังมีส่วนให้อุณหภูมิในโรงอบเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่หากพัดลมดูดอากาศนำพาความร้อนออกจากโรงอบเร็วเกินไปจะทำให้ให้อุณหภูมิในระบบลดลงได้เช่นกัน

สำหรับความสามารถในการทำความร้อนในการจ่ายเชื้อเพลิง 0.25 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้อุณหภูมิในโรงอบสูงสุด 42 องศาเซลเซียส ที่การปรับความเร็วพัดลมดูดอากาศระดับต่ำสุด และมีอุณหภูมิต่ำสุดเมื่อมีการปรับระดับการดูดอากาศสูงสุด 35 องศาเซลเซียส ระดับการจ่ายเชื้อเพลิง 0.50 ลิตรต่อชั่วโมง มีความสามารถในการเพิ่มอุณหภูมิสูงสุด 48 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 39 องศาเซลเซียส การปล่อยน้ำมันเชื้อเพลิง 0.75 ลิตรต่อชั่วโมง สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดได้ 56 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 47 องศาเซลเซียส และการจ่ายเชื้อเพลิง 1.00 ลิตรต่อชั่วโมง มีอุณหภูมิในโรงอบสูงสุด 61 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 52 องศาเซลเซียส

ภาพรวมในการทดสอบการทำงานของชุดทำความร้อนให้โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถใช้งานได้ดี เป็นการนำสิ่งเหลือใช้มาเป็นพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายให้เกษตรกรและเพิ่มโอกาสในการถนอมเก็บรักษา รวมไปถึงการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตของตนเอง เพิ่มประสิทธิภาพการตากแห้งผลผลิตได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับโรงอบตากแบบใช้แดดเพียงอย่างเดียว การใช้ชุดทำความร้อนเข้ามาช่วยทำให้การอบเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่เป็นอุปสรรคแม้จะเป็นช่วงเวลากลางคืน และยังช่วยเพิ่มโอกาสให้กับเกษตรกรในพื้นที่มีฝนตกชุก ในพื้นที่ภาคใต้ หรือภาคตะวันออกให้สามารถใช้โรงอบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) ชุดอุปกรณ์ของชุดทำความร้อนที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ เป็นเพียงต้นแบบที่ประกอบและสร้างขึ้นมาจากสิ่งเหลือใช้ อาจมีมาตรฐานในการใช้งานไม่เป็นไปตามมาตรฐานเท่าที่ควร เช่น ถังน้ำยาแอร์เก่า อาจส่งผลต่อสุขภาพร่างกายได้ หากไม่มีความรอบคอบในการจัดการ
- 2) การนำน้ำมันเก่าที่ผ่านการใช้งานแล้วมาเป็นเชื้อเพลิง บางครั้งการอัดอากาศเข้าเตาเผาไม่เพียงพออาจส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพได้ ควรมีการรอบคอบในการนำมาใช้งาน
- 3) การดูดอากาศร้อนเข้าโรงอบฯ ต้องไม่ให้มีช่องให้อากาศร้อนเล็ดลอดออกมาภายนอก รวมทั้งไม่ให้มีช่องอากาศที่ทำให้อากาศภายนอกเข้าไปในพัดลมดูดอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพการอบแห้งต่ำได้
- 4) ระบบท่อส่งน้ำร้อนควรเลือกใช้วัสดุที่มีการหุ้มฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน

- 5) ควรสร้างกำบังกันเปลวไฟ และกันลมพัดผ่านเปลวไฟ เพื่อควบคุมให้เปลวไฟไปสัมผัสหม้อต้มได้มากที่สุด มีผลโดยตรงต่อการสะสมพลังงานความร้อนไว้ในระบบ
- 6) สามารถดัดแปลงเตาเผาชนิดอื่นมาเป็นแหล่งสร้างความร้อนให้กับระบบได้
- 7) ก่อนนำไปใช้กับการอบผลผลิต ควรมีการศึกษาถึงคุณสมบัติเฉพาะของผลผลิตนั้น ๆ ว่าเหมาะสมกับอุณหภูมิห้องศาเซลเซียส จะได้ทำการปรับระดับความร้อนให้เหมาะสม
- 8) เนื่องจากมีการใช้งานสะดวก จงอย่าละเลยเรื่องของการใช้ความร้อนจากแสงแดดเป็นแหล่งความร้อนหลักของระบบการอบผลผลิต

บรรณานุกรม

- บุญยาพร แส่นแปง. (2564). ผลของการอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ฮีตเตอร์และผสมผสาน ต่อคุณภาพของ ใบมะกรูดและความสิ้นเปลืองพลังงาน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- อวยชัย วงศ์รัตน์. (2553) การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับหัวเผาชนิดหัวฉีด แบบเข็มเพล็กสำหรับหลอมอะลูมิเนียมผสมในเตาไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร:กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ชัย นุ่มนวล. (2549) การพัฒนาระบบควบคุมการเผาไหม้ ของหัวเผาน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ด้วยระบบ ควบคุมแบบปรับค่า PID ด้วย Fuzzy Logic . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ/ กรุงเทพฯ.
- อาณัฐ พริกเล็ก. (2557) ระบบอบแห้งสมุนไพรพลังงานทดแทนร่วม (ชีวมวล-แสงอาทิตย์). มหาวิทยาลัย ทักษิณ.จ.สงขลา.
- กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบพลังงานด้านความร้อน. สืบค้นเมื่อ วันที่ 30 สิงหาคม 2566 จาก [http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download /file_handbook/Pre_Heat/pre_heat_3.pdf](http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Heat/pre_heat_3.pdf).
- ณฤทธิ์ วรหาร. (2565). การศึกษาการอบแห้งภายในพาราโบลาโดม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จ.เชียงใหม่.
- ยงยุทธ ไต้เงาสน. (2564). การพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่อง อบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จ.เชียงใหม่.
- ขวัญชัย ไกรทอง และ อติพงศ์ นันทพันธุ์. (2005). การประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวาง ดัดแปลงจากดินแดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ : กรณีศึกษาการดึงความร้อนทิ้งจากน้ำร้อนมา ใช้อุ่นอากาศ. Naresuan University Journal 2005; 13(1): 13-23.
- พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ. (2022). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบมีระบบแจ้งเตือน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2565.
- กิตติพัฒน์ ศรีเจริญ และ กิตติพงศ์ ศรีเจริญ. (2562). การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ไฮบริด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.
- มนตรี เรืองประดับ. (2553). การพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. จ.สงขลา.
- นาฬิละห์ กาแม และคณะ. (2560) การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์-ลมร้อนสำหรับการทำแห้งกล้วย. ราชภัฏ วิชาการ 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. จ.นครศรีธรรมราช.

