วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
ISSN : 2539-5688

การพัฒนาเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึลจังหวัดสุรินทร์
Development of Grate Kiln to improve thermal performance for drying of Paka-Umpul Rice Grain in Surin Province

ศุภชัย แก้วจันทร์* ชูชาติ พยอม และเอกราช นาคนวล
Suphachai Kaeochan*, Choochart Phayom and Aekkarath Naknual

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ 32000
Production Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University, Surin Province. 32000 Thailand
*Corresponding author, e-mail: supachai_2518@hotmail.co.th
(Recieived: Apr 3, 2020; Revised: Apr 17, 2020; Accepted: Oct 12, 2020)

บทคัดย่อ

ความชื้นหลังการเก็บเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึลเป็นปัญหาต่อการเก็บรักษา จึงวิจัยออกแบบ และสร้างเตา เผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนจากเศษไม้ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาความสามารถของเตาเผา และการกักเก็บความร้อนของ รังผึ้ง ดำเนินการเริ่มจาก ศึกษาหลักการจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทำการออกแบบ และสร้างเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อน ทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา และทดลองอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการสะสมความร้อนภายในรังผึ้งกักเก็บความร้อน และระยะเวลาต่อการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล พบว่าการอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล จำนวน 10 กิโลกรัม ใช้เศษไม้ที่เผา 10 กิโลกรัม ในช่วงเวลาที่ 180 นาที อุณหภูมิในเตาเผาเฉลี่ยสูงสุดที่ 165 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในรังผึ้งกักเก็บความร้อนเฉลี่ยสูงสุดที่ 210 องศาเซลเซียส เมื่อดูดความร้อนส่งไปยังห้องอบ โดยควบคุมการไหลของลมร้อนผ่านท่อส่ง ที่มีลิ้นควบคุมความเร็วของลมร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิการอบอยู่ระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบเฉลี่ย 90 นาที สามารถทำให้ความชื้นในเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล ลดลงเฉลี่ย 8 % wb ข้อค้นพบนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตทางเกษตรชนิดอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ : รังผึ้งกักเก็บความร้อน ข้าวพื้นเมืองปะกาอำปึล ลดความชื้น

Abstract

The Moisture content after harvesting process of Paka-Umpul rice is a problem for storage. This study was designed and built a grate kiln to store the thermal from wood chips. The objective was to evaluate the thermal performance of the grate kiln. The operation started from literature review, designing the grate kiln and testing to dry of Paka-Umpul rice grain to analyzed the ability of thermal accumulation and drying time to reduce the moisture of Paka-Umpul rice. The results showed 10 kilograms of Paka-umpul rice grain and wood chips were burning within 180 minutes while the average inside thermal kiln was at 165 ^{o}C. and grate was at 210 ^{o}C. Then thermal was transferred to dry room that controlled heat air flow by the control valve. The control temperature set at 45 to 55 ^{o}C for 90 minutes that can reduce moisture at average 8% w.b. This result is important to apply for drying the other agriculture products.

Keywords: Grate Kiln, Paka-Umpul Rice, Reduce Moisture

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยและยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยการจัดเก็บข้าวเปลือกจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้น ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เนื่องจากข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่นั้นยังมีความชื้นสูง จึงต้องมีการลดความชื้นข้าวเปลือก และจัดเก็บให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของข้าว หากความชื้นของข้าวเปลือกมีสูงเกินไป จะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเน่าเสียได้ แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไป อาจทำให้สูญเสียน้ำหนักในเชิงพาณิชย์ และทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเกิดการแตกหัก เสื่อมคุณค่าทางอาหารได้โดยปกติความชื้นของข้าวเปลือกหลังเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วง 20-30 % wb ความชื้นข้าวเปลือกในช่วงนี้ทำให้คุณภาพของข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ไม่ดี ในอดีตเกษตรกรต้องนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดด เพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเก็บรักษา มักจะประสบกับปัญหาต่าง ๆ เช่น สภาพ ดิน ฟ้า อากาศ มีสัตว์มารบกวน และพื้นที่ตากไม่เพียงพอ ทำให้ข้าวเปลือกเกิดการสูญเสียทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ เนื่องจากการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการตากแห้งข้าวเปลือกในลานตากแห้งนั้นใช้เวลานานอย่างน้อย 2-3 วัน และต้องมีการพลิกกลับข้าวที่ตากไว้จากด้านล่างขึ้นด้านบนหลาย ๆ รอบ ส่วนการใช้เครื่องอบนั้นมีข้อดี คือสามารถอบแห้ง ได้ทุกสภาวะอากาศแม้ขณะฝนตกหรือมีแสงแดดน้อย ไม่เปลืองพื้นที่ในการตาก สามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นน้อย จึงทำให้มีข้อดีกว่าวิธีธรรมชาติ ความชื้นในข้าวเปลือกนั้นมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว ควรมีการลดความชื้นของข้าวเปลือกให้เร็วที่สุด ข้าวเปลือกที่มีความชื้น 13-14 % wb สามารถเก็บไว้ได้นาน 2-3 เดือน หากต้องการเก็บรักษาไว้ได้นาน ควรลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกให้ต่ำกว่า 12 % wb (Tuaynak *et al.*, 2014, pp. 68-74)

การอบลดความชื้นด้วยเตาอบพลังงานความร้อนจากวัสดุธรรมชาติ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติ ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านน้ำเป็นสารตัวกลาง และให้อากาศไหลผ่านจึงได้เป็นลมร้อนที่มีความสะอาด และสามารถใช้ลดความชื้นแก่อาหารได้ เพื่อหาความสามารถของเตาอบที่สร้างขึ้นโดยการทดลองอบพริกสด ในระยะเวลาในการอบ 3 ชั่วโมง ที่ความเร็วลม 1.3 เมตร/วินาที ทำการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบทุก ๆ 15 นาที อุณหภูมิที่เตาอบทำได้เฉลี่ยสูงสุดที่ 87.80 องศาเซลเซียส โดยตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบคือ 60 และ 80 องศาเซลเซียส พริกที่ใช้ในการอบจำนวน 1,000 กรัม เมื่อผ่านการอบในเวลา 3 ชั่วโมง เตาอบสามารถทำให้ความชื้นลดลง โดยน้ำหนักของพริกที่ได้หลังจากการอบเฉลี่ยอยู่ที่ 50 % (Thongwichean *et al.*, 2015, pp. 90-93)

จากประเด็นดังกล่าวข้างต้น เกษตรกรประสบปัญหาในการใช้พื้นที่ เพื่อนำข้าวเปลือกมาตากแดดลดความชื้นก่อนนำไปเก็บรักษาหรือจำหน่าย และใช้ระยะเวลาในการตากข้าวนานอย่างน้อย 2-3 วัน เนื่องจากผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวมีความชื้นสูง ซึ่งจะต้องรีบลดความชื้นข้าวเปลือกโดยเร็วที่สุด เพื่อรักษาคุณภาพข้าวเปลือกหรือเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ในขณะเดียวกันการทำเกษตรกรรมหลังการเก็บเกี่ยวจะมีวัสดุชีวมวลจากธรรมชาติ เช่นเศษไม้ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการจุดไฟให้ความร้อนผ่านรังผึ้งกักเก็บความร้อน เพื่อนำพลังงานความร้อนสะอาดจากการสะสมไว้ในรังผึ้งที่ใช้ท่อเหล็กสตีมดำ API ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่ออุณหภูมิสูง มาเป็นวัสดุกักเก็บความร้อน และดูดความร้อนส่งไปยังห้องอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้ตามมาตรฐานความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดพันธุ์ข้าวต่อการเก็บรักษาอยู่ในระหว่าง 12-14 % wb เป็นการช่วยเกษตรกรลดการใช้พื้นที่และระยะเวลาในการตากข้าวของเกษตรกรอีกทางหนึ่ง และเป็นการอนุรักษ์สายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองให้คงอยู่คู่ท้องถิ่นของจังหวัดสุรินทร์อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนโดยใช้พลังงานความร้อนจากเศษชีวมวล
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนโดยการทดลองอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล

วิธีการดำเนินการวิจัย

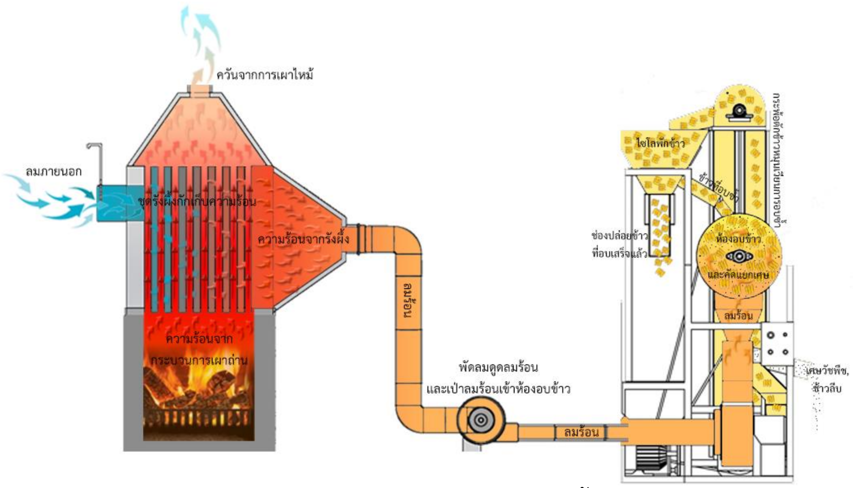
1. การศึกษาหลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ

1.1 ชีวมวล (Biomass) คือ แหล่งที่สะสม หรือกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ ประเภทโปรตีน และน้ำตาล ซึ่งเราสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานจากชีวมวลได้จากกระบวนการชีวภาพ การใช้พลังงานชีวมวลโดยกระบวนการที่ใช้ความร้อน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
ISSN : 2539-5688

ในลักษณะการนำ ถ่านไม้ เศษไม้ และเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิง เพื่อให้เกิดความร้อนสำหรับนำไปใช้ในการอบลดความชื้น และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมในภาคเกษตร (Biomass *et al.*, 2015, p. 25)

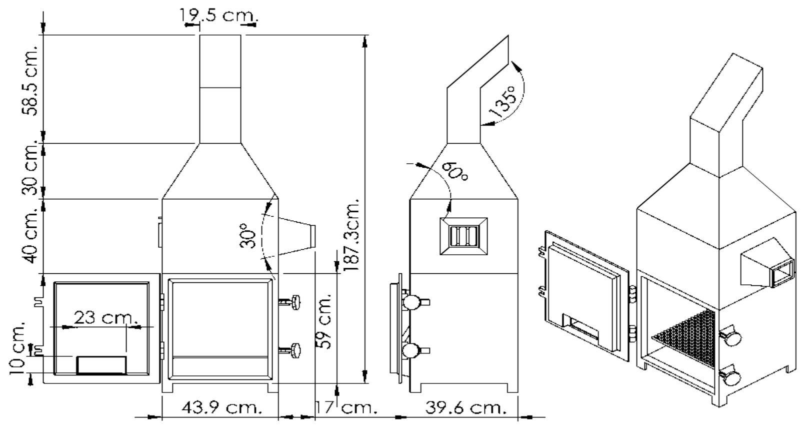
1.2 การออกแบบ และสร้างเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อน ประยุกต์จากหลักการของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบตะแกรงรังผึ้ง ช่วยในการถ่ายเทความร้อน โดยดึงเอาความร้อนจากการเผาไหม้ทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (Biomass *et al.*, 2015, p. 110) โดยการเป่าลมร้อนผ่านรังผึ้งส่งไปยังเตาอบทำให้มีความร้อนสูงขึ้น การทำงานของพัดลมเมื่อความร้อนภายในเตาอบถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้จะมีช่องระบายลมออกด้านบน เพื่อระบายความชื้นออกจากเตาอบ (Thongwichean *et al.*, 2015, pp. 90-93) ซึ่งหลักการออกแบบเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนจะมีเตาเผาไหม้อยู่ด้านล่างของรังผึ้งโดยขณะเผาไหม้ ควันและความร้อนจะไหลผ่านรังผึ้ง ซึ่งจะถูกกักเก็บความร้อนไว้ในรังผึ้งโดยมีพัดลมดูดความร้อนไปยังห้องอบเพื่อลดความชื้นในเมล็ดข้าว โดยมีหลักการทำงาน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อน

2. การออกแบบเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล

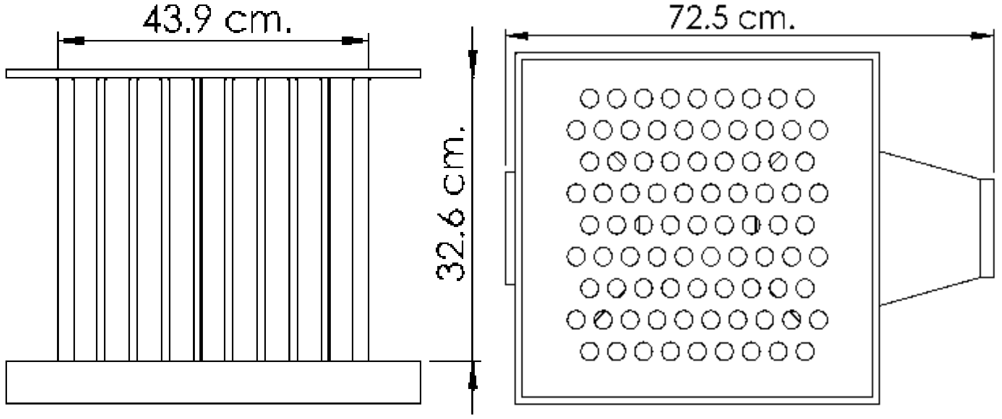
2.1 โครงสร้างเตาเผาทำจากเหล็กแผนหนา 1 มิลลิเมตร มีความกว้าง 39.6 เซนติเมตร ความสูง 180.7 เซนติเมตร และ ความยาว 43.9 เซนติเมตร ภายในเตาเผาประกอบด้วยตะแกรงสำหรับวางเศษไม้ มีความกว้าง 35 เซนติเมตร และความยาว 40 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบโครงสร้างเตาเผา

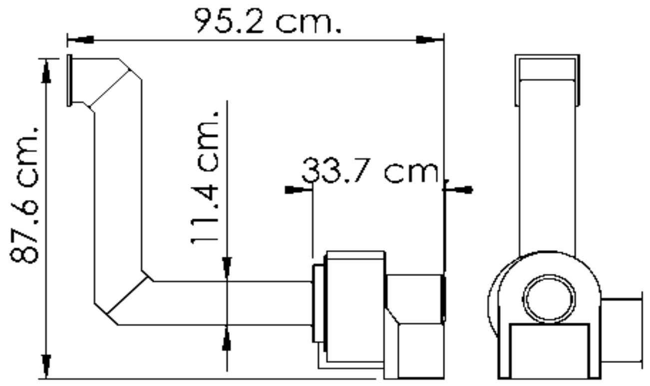
2.2 รังผึ้งกักเก็บความร้อน ทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร มีความสูง 32.6 เซนติเมตร ความกว้าง 43.9 เซนติเมตร และความยาว 72.5 เซนติเมตร มาประกอบเป็น 2 ชั้น ด้านในมีท่อสตีมดำ API ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.60

เซนติเมตร จำนวนทั้งหมด 72 ท่อน เจาะรูผ่านจากห้องเตาเผา เพื่อให้ควันจากการเผาไหม้ไหลผ่านรังผึ้งที่มีท่อสตีมดำดูดซับกักเก็บความร้อนไว้ในรังผึ้งกักเก็บความร้อน ดังภาพที่ 3



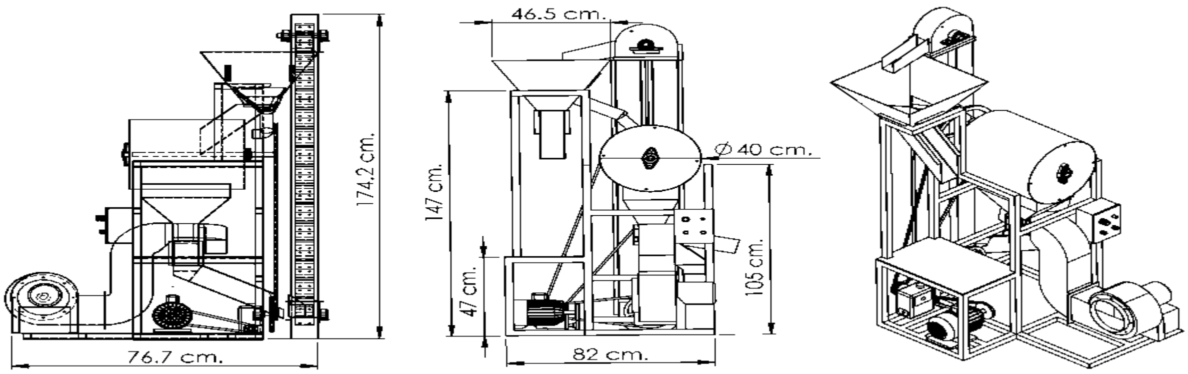
ภาพที่ 3 แบบรังผึ้งกักเก็บความร้อน

2.3 ท่อส่งความร้อนไปห้องอบ ใช้เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร มีความสูง 87.6 เซนติเมตร มีฉนวนกันการสูญเสียความร้อนระหว่างกลางกับสังกะสีสองชั้น ด้านในท่อมีขนาด 11.4×11.4 เซนติเมตร มีความยาว 95.2 เซนติเมตร และควบคุมการไหลของลมร้อนผ่านท่อส่งที่มีลิ้นควบคุมความเร็วของลมร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิในการอบลดความชื้น ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบท่อส่งความร้อนสะอาด

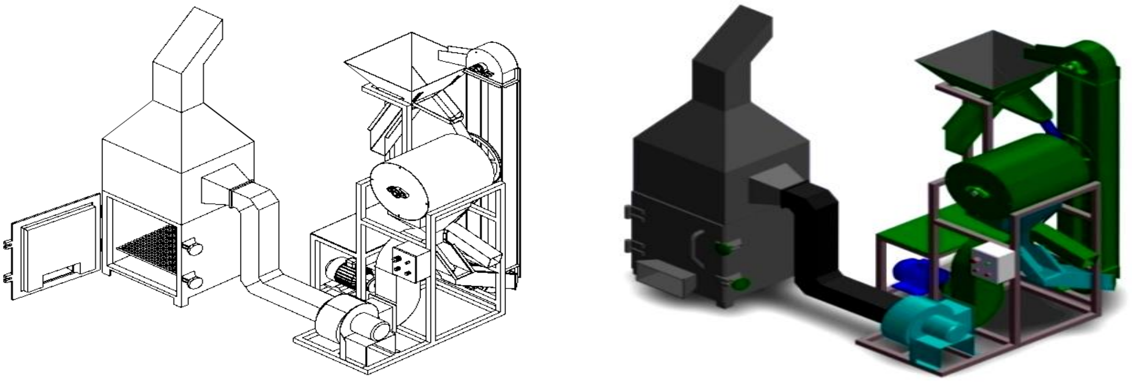
2.4 ตู้อบและคัดแยกเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล มีความกว้าง 82 เซนติเมตร ความยาว 76.7 เซนติเมตร และความสูง 174.2 เซนติเมตร เป็นห้องสำหรับรับลมร้อนสะอาดที่มาจากท่อส่งความร้อน ภายในตู้อบสามารถคัดแยกเมล็ดข้าวที่มีเมล็ดลีบไม่สมบูรณ์ และเศษวัชพืชออกจากกระบวนการอบได้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบตู้อบและคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมือง

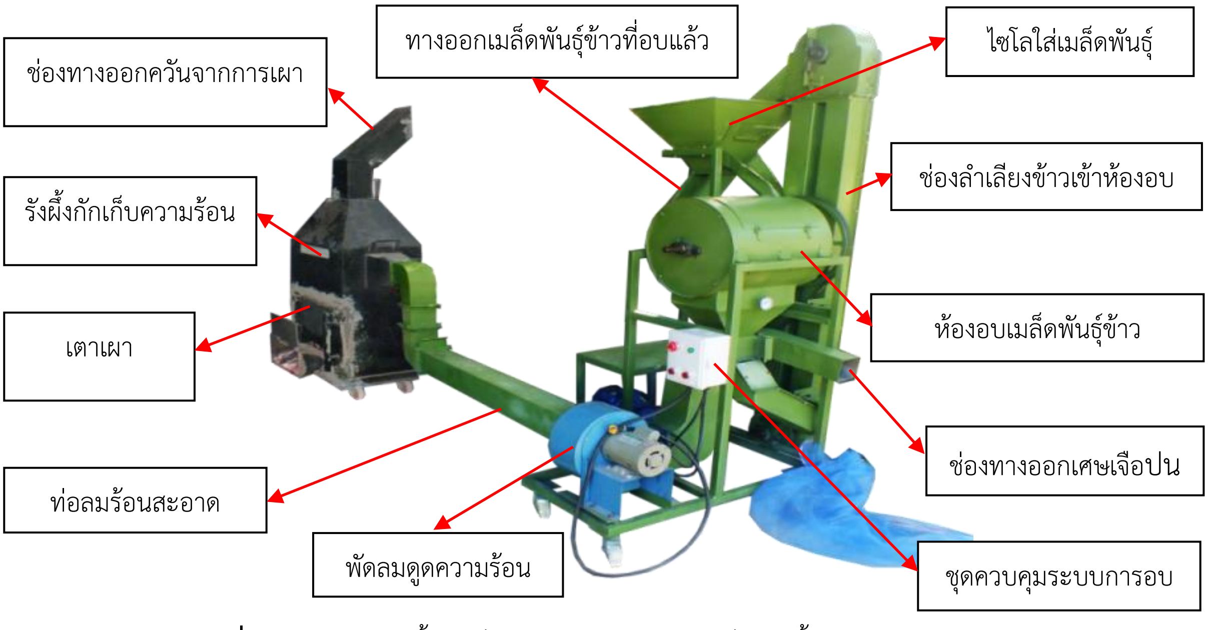
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
ISSN : 2539-5688

2.5 เตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล มีส่วนประกอบหลักได้แก่ โครงสร้างเตาเผาที่มีรังผึ้งกักเก็บความร้อนอยู่ภายในเตาโดยมีท่อส่งความร้อนสะอาดไปยังตู้อบ และคัดแยกเมล็ดข้าวพื้นเมือง ทั้ง 3 ส่วน สามารถถอดแยกชิ้นกันได้เพื่อสะดวกสำหรับการขนย้าย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แบบเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมือง

3. หลักการทำงานของเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล นำเศษวัชพืช เศษกิ่งไม้มาเผาในเตาเผา ขณะเผาควันและความร้อนจากการเผาจะไหลผ่านรังผึ้งที่มีท่อสตีมดำดูดซับกักเก็บความร้อนไว้ในรังผึ้งกักเก็บความร้อน ทำการเปิดพัดลมดูดความร้อนส่งไปยังห้องอบเมล็ดข้าวพื้นเมือง ในห้องอบสามารถคัดแยกเมล็ดข้าวพื้นเมือง ที่มีเมล็ดลีบไม่สมบูรณ์ และเศษวัชพืชออกจากกระบวนการอบ โดยมีเกจวัดอุณหภูมิ Bimetal Thermometer T3-125C ภายในตู้อบ หลังจากการอบแล้วเมล็ดข้าวจะไหลลงถังที่มีสายพานตักข้าว เพื่อส่งไปยังถังรับข้าวทรงพีระมิดที่มีช่องทางออกของข้าว ไหลลงไปบรรจุลงกระสอบต่อไป ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล

4. การทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประสิทธิภาพมีดังนี้

4.1.1 เตาเผาชีวมวลผ่านรังผึ้งกักเก็บความร้อน และตู้อบลดความชื้น

4.1.2 เมล็ดข้าวพื้นเมือง (พันธุ์ปะกาอำปึล)

4.1.3 อุปกรณ์วัดความชื้นแบบมือถือ รุ่น MC-7821 สามารถวัดความชื้นได้ตั้ง แต่ 8-20% และวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -10-55 C ค่าความละเอียด : 0.1 ค่าความถูกต้อง -ความชื้น : +/- 1% -อุณหภูมิ : +/- 1.5 F (+/- 0.8 C)

4.1.4 เกจวัดอุณหภูมิ Bimetal Thermometer T3-125C

4.1.5 นาฬิกาจับเวลา SEIKO DIGITAL TIMER รุ่น QHY001Y จับเวลาได้นานถึง 99 นาที หรือ 59 วินาที

4.1.6 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล CANON รุ่น EOS 1000D ความละเอียด 10 MP

4.1.7 เครื่องชั่งหน้าปัดแบบมีล้อ 50 kg ละเอียด 100g NAGATA รุ่น K-120W-50K

4.2 ขั้นตอนการเตรียมการ

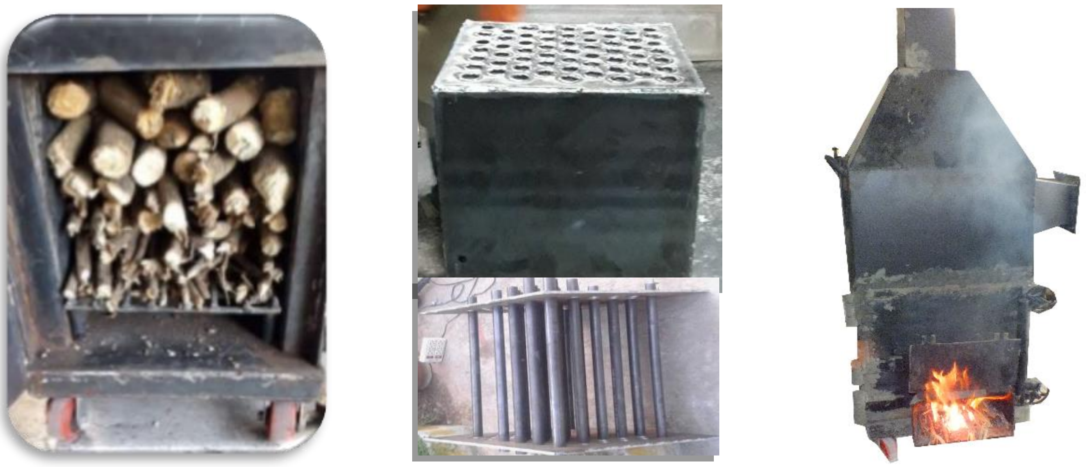
4.2.1 เศษไม้แห้ง จำนวน 10 กิโลกรัม เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาไหม้ให้ความร้อน

4.2.2 ข้าวพื้นเมือง (พันธุ์ปะกาอำปึล) มีความชื้นประมาณ 20-25 % wb เพื่อใช้ในการทดลอง

4.3 ขั้นตอนการทดลอง

4.3.1 ใช้เมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล จำนวน 10 กิโลกรัม วัดค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทดลอง

4.3.2 เศษไม้ จำนวน 10 กิโลกรัม เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงจุดไฟเผาในเตา เพื่อให้ความร้อน และควันผ่านรังผึ้งกักเก็บความร้อนทดลองการสะสมอุณหภูมิภายในรังผึ้งกักเก็บความร้อน 3 ครั้ง วัดอุณหภูมิสะสมในรังผึ้ง ทุก ๆ 60 นาที เปิดพัดลมขนาด ¼ แรงม้า 220 โวลต์ เป็นต้นกำลังดูดความร้อนเข้าตู้อบจนได้อุณหภูมิลมร้อนภายในตู้อบอยู่ระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส



(1) (2) (3)

ภาพที่ 8 (1) เศษไม้/เศษชีวมวล (2) รังผึ้งกักเก็บความร้อน (3) จุดไฟเผาใต้เตา

4.3.3 จับเวลาตั้งแต่ใส่เมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล ลงในถังรับข้าวทรงพีระมิด ชุดสายพานตักข้าวจะนำข้าวผ่านช่องคัดแยกสิ่งเจือปน และไหลลงสู่ห้องอบ ทำการสุ่มวัดตัวอย่างข้าวเพื่อให้ทราบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดข้าว ในการเริ่มทดสอบแต่ละครั้ง เป็นระยะทุก 60 90 และ 120 นาที แล้วนำข้าวออกมาวัดค่าความชื้น เพื่อจะได้เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังภาพที่ 9

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
ISSN : 2539-5688

ภาพที่ 9 การทดลองอบลดความชื้นและคัดแยกสิ่งเจือปนในเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล

4.4 จดบันทึกผลการทดลองความชื้นในเมล็ดข้าวออกเป็น 3 ครั้ง และหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบลดความชื้น เริ่มต้นของเมล็ดข้าวระหว่าง 20-25 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือเปอร์เซ็นต์ความชื้นระหว่าง 12-14 % wb ที่อุณหภูมิลมร้อนภายในตู้อบระหว่าง 43-50 องศาเซลเซียส

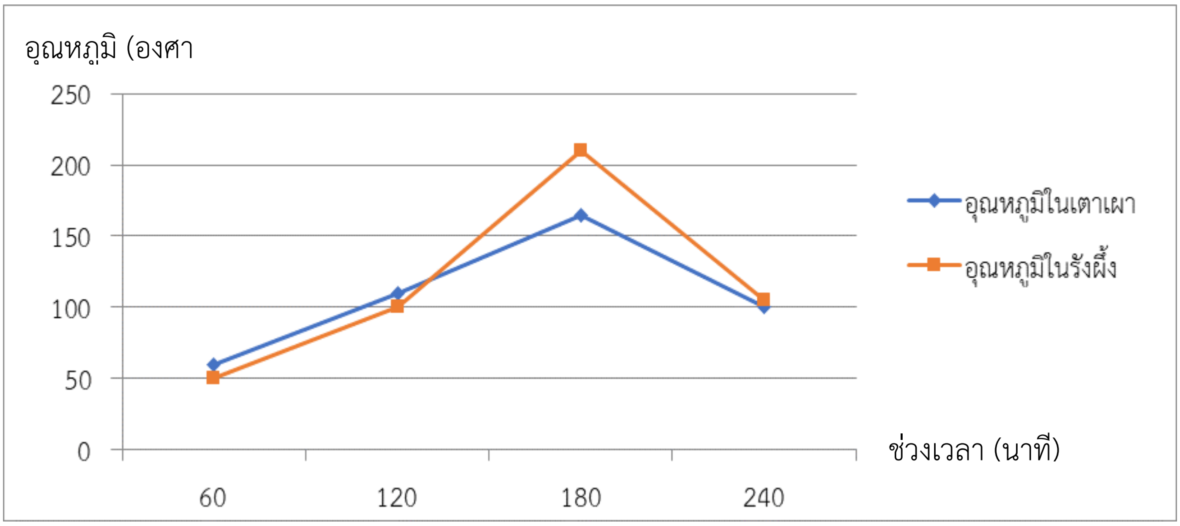
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้สำหรับการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล ระหว่าง 20-25 % wb ที่อุณหภูมิลมร้อนภายในตู้อบระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส เพื่อให้เหลือความชื้นระหว่าง

12-14 % wb เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรหาน้ำหนักความชื้นในวัสดุ $M_w = \left[\frac{w-d}{w}\right]$ × 100 (Laohavanich et al., 2017, p. 3) วิเคราะห์หาผลน้ำหนักของเมล็ดข้าวที่เหลือ หลังจากการอบลดความชื้นแต่ละครั้งให้อยู่ในค่าน้ำหนักที่ต้องการ เพื่อให้ตรงตามเกณฑ์ของค่าน้ำหนักที่เหลือเมื่อถูกลดความชื้นออกไป ที่อุณหภูมิลมร้อนภายในตู้อบระหว่าง 43-50 องศาเซลเซียส

ผลการวิจัย

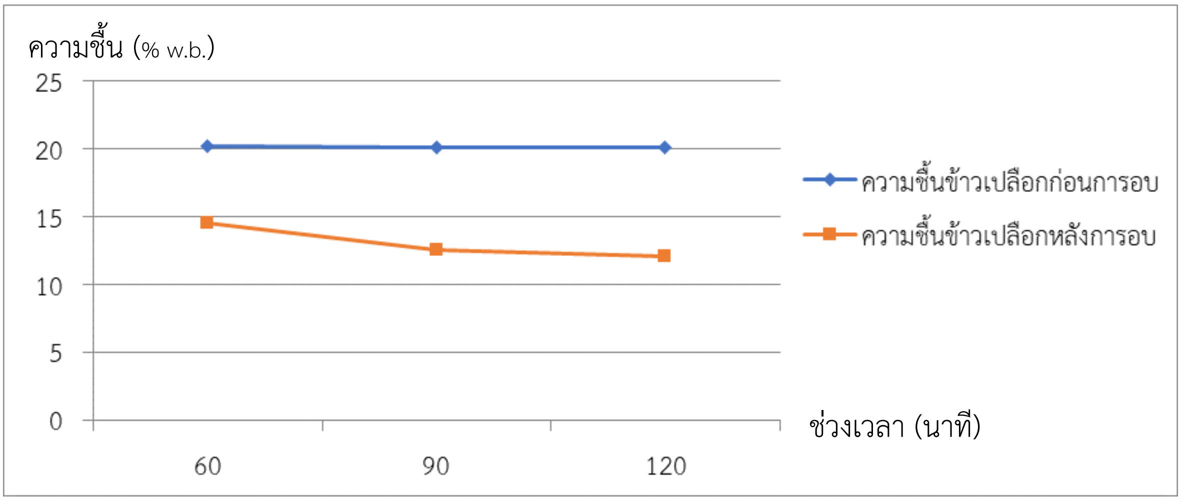
ผลการออกแบบและสร้างเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อน โดยใช้ท่อสตีมดำ API มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.60 เซนติเมตร จำนวน 72 ท่อน เจาะรูผ่านจากห้องเตาเผาโดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อน เพื่อให้ควันจากการเผาไหม้ไหลผ่านรังผึ้งที่มีท่อสตีมดำดูดซับกักเก็บความร้อนไว้ในรังผึ้ง และดึงเอาความร้อนจากการเผาไหม้ผ่านท่อส่งลมร้อนซึ่งมีพัดลมดูดความร้อนไปยังห้องอบ ทำจากสังกะสีสองชั้นมีฉนวนกันการสูญเสียความร้อนระหว่างกลาง และมีลิ้นควบคุมความเร็วของลมร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิการอบลดความชื้นในห้องอบ ภายในห้องอบสามารถคัดแยกเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล ที่มีเมล็ดลีบไม่สมบูรณ์ และเศษวัชพืชออกจากกระบวนการอบได้ หลังจากออกแบบได้ดำเนินการสร้างตามแบบที่กำหนด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนโดยการอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อน โดยเผาเศษกิ่งไม้จำนวน 10 กิโลกรัม 3 ครั้ง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 60 120 180 และ 240 นาที พบว่า ที่เวลา 180 นาที อุณหภูมิภายในเตาเผามีความร้อนสูงสุดเฉลี่ย 165 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในรังผึ้งกักเก็บความร้อนวัดค่าได้สูงสุดเฉลี่ย 210 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นเวลาที่มีการสะสมความร้อนได้ดีที่สุด หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงตามลำดับ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลการสะสมอุณหภูมิภายในเตาเผาและรังผึ้งกักเก็บความร้อน

ผลการทดลองการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล จำนวน 10 กิโลกรัม ต่อการทดลอง 1 ครั้ง ในช่วงเวลาแตกต่างกันที่ 60 90 และ 120 นาที พบว่า การอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล ที่เวลา 90 นาที อุณหภูมิลมร้อนภายในห้องอบอยู่ระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกก่อนการอบเฉลี่ย 20.1 % wb ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกหลังการอบเฉลี่ย 12.1 % wb ความชื้นลดลงเฉลี่ย 8 % wb น้ำหนักหลังอบชั่งรวมข้าวเมล็ดลีบและเศษวัชพืชที่เกิดจากการเป่าคัดแยกเฉลี่ย 9 กิโลกรัม แบ่งเป็นความชื้นที่หายไป 0.8 กิโลกรัม เศษวัชพืชจากการคัดแยก 0.2 กิโลกรัม เป็นเวลาที่เหมาะสมต่อการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองดีที่สุด ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ผลการแปลค่าความชื้นก่อนอบ และหลังอบสัมพันธ์กับช่วงเวลาการอบ

(1) (2)

ภาพที่ 12 (1) เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองก่อนอบ (2) เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองหลังอบ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนสำหรับอบเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล ด้วยพลังงานความร้อนจากเศษไม้ จำนวน 10 กิโลกรัม ต่อการทดลอง 1 ครั้ง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 60 120 180 และ 240 นาที พบว่า ที่เวลา 180 นาที อุณหภูมิภายในเตาเผามีความร้อนสูงสุดเฉลี่ย 165 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในรังผึ้งกักเก็บความร้อนสูงสุดเฉลี่ย 210 องศาเซลเซียส ควบคุมการไหลของลมร้อนผ่านท่อส่งที่มีลิ้นควบคุมความเร็วของลมร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิการอบลดความชื้นในห้องอบ เมื่ออุณหภูมิในห้องอบสูงกว่าช่วงอุณหภูมิที่กำหนดจะทำการเลื่อนลิ้นควบคุมความเร็วลมลงในทางกลับกัน หากอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่กำหนดก็จะเลื่อนลิ้นควบคุมความเร็วลมขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongwichean *et al.*, (2015, pp. 90-93) การสร้างเตาอบพลังงานความร้อนจากวัสดุธรรมชาติ โดยใช้แกลบเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติ ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านน้ำเป็นสารตัวกลาง และให้อากาศไหลผ่านจึงได้เป็นลมร้อนที่มีความสะอาด และสามารถใช้ลดความชื้นแก่อาหาร จากการทดลองเตาอบพลังงานความร้อนจากแกลบสามารถสะสมอุณหภูมิความร้อนที่เตาอบทำได้เฉลี่ยสูงสุดที่ 87.80 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล พบว่า เมื่อเมล็ดข้าวพื้นเมืองมีความชื้น 18-20 % wb ควรใช้อุณหภูมิภายในห้องอบอยู่ระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส จะทำให้ข้าวพื้นเมืองที่ได้มีความชื้นเฉลี่ยไม่เกิน 12-14 % wb เป็นช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต้องการ ตู้อบสามารถลดความชื้นของเมล็ดข้าวพื้นเมืองได้เฉลี่ย 8 % wb ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonsam *et al.* (2019, p. 51) ที่ได้พัฒนาเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวด้วยพลังงานทางเลือกโดยใช้พลังงานชีวมวล ของเศษวัสดุจากการทำการเกษตร ซึ่งได้ พบว่า เมื่อเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้น 16-18 % wb ควรใช้อุณหภูมิที่ห้องอบในช่วง 45-50 องศาเซลเซียส จะทำให้ข้าวเปลือกที่ได้ มีความชื้นเฉลี่ยไม่เกิน 15 % wb เครื่องลดความชื้นสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้เฉลี่ย 3.4 % wb เมล็ดข้าวมีความชื้นเฉลี่ย 17.6 % wb โดยสูงกว่าความชื้นที่ผู้รับซื้อต้องการ

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบเตาเผาแบบรังผึ้งกักเก็บความร้อนโดยใช้เศษไม้ และเศษชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการจุดไฟในเตาเผาให้ความร้อนและควันผ่านรังผึ้งกักเก็บความร้อน เพื่อดูดลมร้อนสะอาดไร้ฝุ่นเถ้า และกลิ่นควัน ไปใช้ในการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล พบว่า การเผาที่เวลา 180 นาที ได้อุณหภูมิในเตาเผามีความร้อนสูงสุดเฉลี่ย 165 องศาเซลเซียส และวัดอุณหภูมิในรังผึ้งกักเก็บความร้อนสูงสุดเฉลี่ย 210 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นเวลาที่มีการสะสมความร้อนได้ดีที่สุด เมื่อดูดลมร้อนไปใช้ในการอบลดความชื้นเมล็ดข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปะกาอำปึล จำนวน 10 กิโลกรัม ค่าความชื้นข้าวเปลือกก่อนการอบเฉลี่ย 20.1 % wb ที่เวลา 90 นาที อุณหภูมิในห้องอบอยู่ระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้น

ข้าวเปลือกหลังการอบเหลือเฉลี่ย 12.1 % wb ความชื้นลดลงเฉลี่ย 8 % wb น้ำหนักเมล็ดข้าวพื้นเมืองหลังอบ ชั่งรวมทั้งข้าวเมล็ดลีบและเศษวัชพืชที่เกิดจากการเป่าคัดแยกเฉลี่ย 9 กิโลกรัม แบ่งเป็นความชื้นที่หายไป 0.8 กิโลกรัม เศษวัชพืชจากการคัดแยก 0.2 กิโลกรัม ซึ่งจะได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดข้าวพื้นเมืองอยู่ระหว่าง 12-14 % wb ตามต้องการ ผลจากการวิจัยจะช่วยให้เกษตรกรลดการใช้พื้นที่และระยะเวลาในการตากข้าวเพื่อลดความชื้นของเมล็ดข้าวพื้นเมือง และหลังการเผาจะได้ผลผลิตถ่านจากเศษไม้นำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร และครัวเรือน กรณีผู้ที่สนใจที่ต้องการศึกษาต่อ ควรมีการออกแบบห้องอบลดความชื้นให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณในการอบลดความชื้นเมล็ดข้าว และความร้อนที่ได้จากการสะสมของรังผึ้งในกระบวนการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้อบลดความชื้นผลผลิตทางเกษตรอื่น ๆ ได้ ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรมีช่องทางเพิ่มรายได้จากการอบแห้งหรือแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดีเพราะได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ตามมติคณะรัฐมนตรี

เอกสารอ้างอิง

Boonsam, P., DechThanon, W., Lopandung, J., Bunjutabut, K. & Khunngio, L. (2019). *Development of Post-harvest Dehumidifier with Alternative Energy for Solving the Problemof Paddy Price Falling by Moisture Factor*. NakhonRatchasimaRajabhat University. p. 51. (in Thai).

Energy from Biomass Publications. (2015). *Office of Energy Study, Research and Development*. Department of the Energy Development and Promotion. 6 January 2015. pp. 25-118. (in Thai).

Laohavanich, J. Yungyuen, S. Shiavchanvamna, C. & Kaewsorndee, T. (2017). *Knowledge Guide. Knowledge Management and Expansion of the Technology The cylinder dryer with rotating infrared rays combined with hot air can be discharged, moveable.* KhonKaenUniversity. p.3. (in Thai).

Thongwichean, T. Sungkawars, G. (2015). Oven Heat Energy from Rice Husk, *The 8th National Conference on Technical Education,* November 28, 2015. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. pp. 90-93. (in Thai).

Tuaynak, P. Chooshownak, M. Yapa, M. & Boonyawanittakul, P. (2014). A review of the development of industrial paddy dehumidification. *Engineering Journal Srinakharinwirot University*, *9*(1), pp. 68-74. (in Thai).