

อิทธิพลของตัวขวางการไหลในหอบแห้งแบบอินฟราเรดที่มีต่ออุณหภูมิของข้าวเปลือก

Influence of Flow interrupters in Infrared Drying Column on Temperature of the paddy grains

วิชาญณรงค์ วงศ์บับพา^{1*}, กระวี ตรีอำนรรค¹, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค² และ กมลทิพย์ ปรีเปรม¹
Wichannarong Wongbubpa^{1*}, Krawee Treeamnuk¹, Tawarat Treeamnuk² and
Kamonthip Preeprem¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 30000

²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 30000

¹School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

²School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

*Corresponding author Email: wichannarong.w@gmail.com

Received: 3-10-2024 Revised: 10-05-2024 Accepted: 30-06-2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวขวางการไหลเมล็ดข้าวเปลือกในหอบแห้งที่ใช้ ฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งให้ความร้อนในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 42 – 43 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิ 30 - 31 องศาเซลเซียส เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกต้นแบบนี้ถูกใช้ในการทดลองกับข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ตัวอย่างข้าวมีน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้น 22 - 25% มาตรฐานเปียก อุณหภูมิอากาศที่ใช้ทดลองคือ 60 และ 80 องศาเซลเซียส ควบคุมอัตราการไหลข้าว 1.5 กิโลกรัมต่อนาที โดยการทดลองใช้อุปสรรคขวางการไหลสามแบบคือ แบบครีบลับฟันปลา แบบตะแกรงเหล็กฉีกและหอบแห้งเปล่า จากการทดลองพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลต่อเวลาที่ทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยหอบแห้งเปล่าที่อุณหภูมิอากาศ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาต่ำสุดในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 42 - 43 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาเพียง 3.3 นาที หอบแห้งเปล่าที่อุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียสและครีบลับฟันปลาที่อุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ 0.10 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง และจากการทดสอบอบแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้น 24% มาตรฐานเปียก อบแห้งจนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้าย 14 % มาตรฐานเปียก พบว่าแบบหอบแห้งเปล่าใช้เวลาในการอบแห้งต่ำที่สุดคือ 95 นาที และแบบครีบลับฟันปลาใช้เวลาคือ 140 นาที ใช้เวลาต่างกันถึง 32.14 %

คำสำคัญ : ตัวขวางการไหล รังสีอินฟราเรด การอบแห้งข้าวเปลือก อัตราการอบแห้ง

ABSTRACT

This research aimed to investigate the influence of flow obstructions on the movement of paddy grains within a drying chamber utilizing infrared heaters as the heat source. The objective was to raise the grain temperature from an initial 30 – 31°C to a target of 42 – 43°C. A prototype paddy dryer was employed in the experiments, using Khao Dawk Mali 105 rice variety. Each sample weighed 1.5 kilograms with an initial moisture content ranging from 22% to 25% wet basis. Experiments were conducted at air temperatures of 60°C and 80°C, with a controlled paddy flow rate of 1.5 kilograms per minute. Three types of flow obstructions were tested: alternating fin barriers, expanded metal mesh, and an unobstructed (empty) drying chamber. The results indicated that these factors significantly affected the time required for the paddy to reach the target temperature. The unobstructed drying chamber at an air temperature of 80°C required the shortest heating time, taking only 3.3 minutes to reach 42 – 43°C. Furthermore, the lowest energy consumption, at 0.10 kilowatt - hours, was observed in both the unobstructed chamber at 60°C and the alternating fin barrier at 60°C. In an additional drying experiment with an initial moisture content of 24% wet basis, the grains were dried to a final moisture content of 14% wet basis. It was found that the unobstructed chamber required the shortest drying time at 95 minutes, whereas the alternating fin barrier configuration required 140 minutes a difference of 32.14%.

Keyword: Flow interruption, Infrared radiation, Paddy drying, Drying rate

1. บทนำ

ข้าวถือเป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประเทศไทย [1] ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมเนื่องจากเป็นพืชหลักที่เกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศเพาะปลูก ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดถึง 66 ล้านไร่ โดยคิดเป็น 46.2% ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของประเทศ [2] ซึ่งในปี 2566 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวกว่า 8.76 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ามากถึง 178,136 ล้านบาท [3] นอกจากนี้ข้าวยังเป็นอาหารหลักของ คนไทย ทำให้ข้าวเป็นส่วนสำคัญที่ขับเคลื่อนการเติบโตและการพัฒนาของประเทศอย่างต่อเนื่อง โดยหลังกระบวนการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวจะมีความชื้นประมาณ 20 - 25% มาตรฐานเปียก [4] เมื่อนำข้าวเปลือกมากองรวมกันเพื่อเก็บรักษาอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ เนื่องจากเมล็ดข้าวเปลือกมีการหายใจจะทำให้กองข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ [5] มีผลทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพ เช่น เกิดข้าวเน่า ข้าวบูด ข้าวเหลือง ข้าวมีคุณภาพการสีต่ำ [6] ดังนั้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาข้าวเปลือกให้ยาวนานขึ้นจึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกให้เหลือประมาณ 14% มาตรฐานเปียก สำหรับการเก็บข้าวไว้นาน 2 - 3 เดือน แต่ถ้าเก็บนานเกินกว่า 3 เดือน ควรลดความชื้นเมล็ดให้เหลือต่ำกว่า 12% มาตรฐานเปียก [7] ในปัจจุบันการลดความชื้นข้าวเปลือกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้หลักการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวช่วยพาความชื้นออกจากเมล็ด ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกลดลง ซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัด เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและค่าซ่อมบำรุง แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้แรงงานและพื้นที่ในการตากเป็นจำนวนมาก และยังไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศระหว่างการตากได้ และอีกวิธีคือ การใช้เครื่องอบแห้งแบบต่างๆ เช่น เครื่องอบแห้งแบบถาด เครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดเครื่องอบแห้งแบบข้าวหล่นอิสระอย่างต่อเนื่อง เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม เครื่องอบแห้งแบบกระแสน้ำ [8] เป็นต้นซึ่งการใช้เครื่องอบแห้งมีข้อดีคือไม่ต้องใช้พื้นที่เยอะเหมือนการตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และยังสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องให้เป็นไปตามที่ต้องการได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องอบแห้งแบบต่างๆ ย่อมมีจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันไป เช่น ด้านประสิทธิภาพในการอบแห้ง คุณภาพของข้าวที่ได้หลังการอบแห้ง รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน [9] ซึ่งนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการอบแห้ง ดังนั้นจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งให้ดีขึ้น โดยในปี 2560 ญัฐพล แซ่ลิ้ม [10] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลต่อเนื่องด้วยเทคนิคการแผ่รังสีอินฟราเรดในแนวนอน พบว่าสถานะที่ดีที่สุดมีอัตราการอบแห้ง 1.1397 กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 3.7920 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำ มีค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน 39.09 เปอร์เซ็นต์ และค่าดัชนีความขาวเท่ากับ 38.03 ปี 2557 ญัฐพงษ์ วงศ์บัพพา [11] ได้ทำการสร้างและทดลองเครื่องอบแห้งแบบเป่าพ่นที่เป็นท่อข้อแบบสลับฟันปลา ซึ่งเป็นท่ออง 45 องศา 16 ขยัก สูงรวม 3 เมตร สลับซ้าย-

ขวา เพื่อหวังเวลาการพ่นให้ยาวนานขึ้นกว่าปกติและช่วยให้มีการคลุกเคล้าที่มากขึ้น จากการทดลองพบว่าการสร้างข้อแบบสลับฟันปลาเพื่อใช้เป็นท่ออบแห้งนั้น สามารถเพิ่มอัตราการอบแห้งให้สูงขึ้นได้ อีกทั้งยังลดเวลาของการอบแห้งและช่วยเพิ่มปริมาณข้าวตันให้สูงขึ้นได้ นอกจากนั้นยังสามารถลดการใช้พลังงานได้อีกด้วย ซึ่งพลังงานรวมจำเพาะที่ต่ำสุดของการอบแห้งในงานวิจัยนี้คือ 4.74 MJ/kg น้ำระเหย และในงานวิจัยปี 2565 ญัฐพงษ์ วงศ์บัพพา และ ทวีช จิตรสมบูรณ์ [12] ได้ทำการศึกษาถึงความสามารถขั้นต้นในการลดความชื้นของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบเป่าพ่นในท่อฟันปลา เครื่องอบแห้งต้นแบบนี้ใช้แนวคิดใหม่ที่สามารถอบแห้งได้อย่างรวดเร็ว โดยการบังคับให้ข้าวเปลือกไหลในท่ออบแห้งแบบเป็นข้อสลับไปมา เทคนิคนี้ช่วยหวังเวลาการเป่าพ่นให้ยาวนานขึ้นกว่าปกติและยังทำให้เกิดการคลุกเคล้าระหว่างเมล็ดพืชกับอากาศร้อนที่มากขึ้น ซึ่งจะเกิดการอบแห้งที่รวดเร็วและใช้พลังงานความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบพบว่าการอบแห้งในท่อแบบ 16 ข้ออ ให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าแบบ 8 ข้ออ การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงให้อัตราการอบแห้งสูงกว่า ที่อุณหภูมิต่ำ ในปี 2557 ญัฐพงษ์ วงศ์บัพพา และ ทวีช จิตรสมบูรณ์ [13] ได้ทำการสร้างและทดลองเครื่องอบแห้งแบบเป่าพ่นห่วงที่ให้มีการไล่ตะแกรง ภายในท่ออบแห้ง เพื่อให้ตะแกรงทำหน้าที่ขวาง และห่วงการไหลของเมล็ดข้าวและลมร้อนในท่ออบแห้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มเวลาสัมผัสระหว่างข้าวและลมร้อน จากการทดลองพบว่า ความร้อนและความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้การอบแห้งรวดเร็วขึ้น อีกทั้งตะแกรงห่วงที่ไล่เพิ่มขึ้น ก็ทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งการประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้น และในปี 2567 ญัฐพงษ์ วงศ์บัพพา, กรณ์ทกมล ภูครองหิน, เอกบติ เมืองกลาง และคณะ [14] ได้ศึกษาอิทธิพลของท่ออบแห้งที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศภายในท่อซึ่งจะส่งผลต่อการอบแห้งข้าวเปลือก จากผลการทดสอบพบว่าการอบแห้งโดยใช้ท่ออบแห้งที่เป็น ท่อแบบกระเปาะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าและมีค่าพลังงานกระตุ้นสำหรับการอบแห้งที่ สูงกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งในการทดสอบที่เป็นท่อตรงจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าการใช้รังสีอินฟราเรดเป็นแหล่งความร้อนให้กับระบบมีจุดเด่นคือ ไม่อาศัยตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน และความร้อนสามารถทะลุเข้าเนื้อวัสดุได้ดี เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการอบแห้งจึงทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ [15] และจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการขวางการไหลหรือห่วงการไหลมีอิทธิพลเป็นอย่างมากสำหรับกระบวนการอบแห้ง

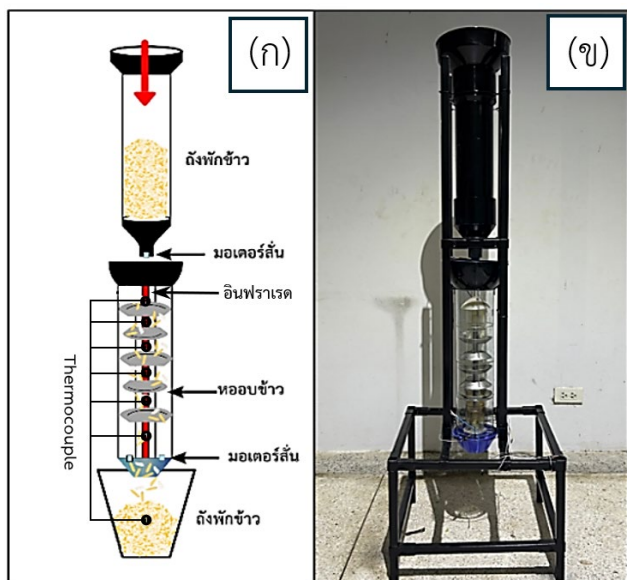
ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์เครื่องอบแห้งที่ใช้รังสีอินฟราเรดเป็นแหล่งให้ความร้อนมาทำงานร่วมกับการใช้ตัวขวางการไหลข้าวเปลือกเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนบริเวณท่ออบแห้งได้เนื่องจากการไหลของเมล็ดข้าวทำให้ข้าวอยู่ในท่ออบแห้งนานขึ้น และทำให้เมล็ดข้าวเกิดการกระจายตัวในท่ออบแห้งดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการคลุกเคล้าระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศได้ดีขึ้น และส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนและการแลกเปลี่ยนความชื้นออกจากเมล็ดข้าวเปลือกได้ดียิ่งขึ้น

ตามไปด้วย ทำการออกแบบตัวขบวนการไหล 2 แบบคือ แบบครึ่งสลับฟันปลาและแบบตะแกรงเหล็กฉีก ทดลองเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบข้าวเต็มหอบและไม่มีการขบวนการไหล ที่อุณหภูมิและอัตราการไหลของเมล็ดข้าวเดียวกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวขบวนการไหลเมล็ดข้าวเปลือกในหอบแห้งที่ใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งให้ความร้อน เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 42 – 43 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นข้าวเปลือก

2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เครื่องอบแห้งต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องอบแห้งระดับห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้แท่งฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นตัวทำความร้อนให้กับระบบด้วยการแผ่รังสีความร้อน ในแนวนอนมี แสดงดังภาพที่ 1 โดยเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วยหอบแห้งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกจำนวน 2 ชั้น ทำจากแก้วซึ่งชั้นในและชั้นนอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงที่ 6 เซนติเมตร และ 45 เซนติเมตร กับ 12 เซนติเมตร และ 48 เซนติเมตร ตามลำดับ ใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 700 วัตต์ ยาว 40 เซนติเมตร และใช้เครื่องสั่นสะเทือน (Vibrator motor) 2 ขนาดคือ ขนาด 17 x 6 มิลลิเมตร และขนาด 10.27 x 10.34 มิลลิเมตร แรงดันไฟฟ้า 3 - 6 VDC ช่วยในการควบคุมอัตราการไหลของเมล็ดข้าวเปลือกออกจากเครื่องอบแห้งทางช่องด้านล่าง และติดตั้ง Thermocouple type k เพื่อวัดอุณหภูมิเฉลี่ยในหอบแห้ง 6 จุด



ภาพที่ 1 (ก) ระบบเครื่องอบแห้งต้นแบบที่ใช้ทดลอง
(ข) เครื่องอบแห้งต้นแบบที่สร้างขึ้น

2.2 การทดสอบเครื่องอบแห้งต้นแบบ

การทดสอบนี้ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งงานวิจัยนี้แบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือ ทดสอบอบข้าวเปลือกโดยแบ่งออกเป็น 3 เงื่อนไข คือ 1.การขบวนการไหลของ

เมล็ดข้าวเปลือกด้วยครึ่งสลับฟันปลาในหอบแห้ง 2.การขบวนการไหลของเมล็ดข้าวเปลือกด้วยตะแกรงเหล็กฉีก ในหอบแห้ง และ 3.หอบแห้งที่ไม่ติดตั้งตัวขบวนการไหล (หอบแห้งเปล่า) อุณหภูมิอากาศอบแห้งที่ใช้ในการทดสอบคือ 60 และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 42 - 43 องศาเซลเซียส และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิข้าวเปลือก หลังจากการพิจารณาเวลาและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แล้วจะนำเงื่อนไขที่เหมาะสมมาทำการทดสอบต่อในส่วนที่สองเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของการอบแห้งต่อไป

วัสดุทดสอบจะเตรียมข้าวเปลือกที่มีความแห้งตามวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีความชื้นประมาณ 11.23 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยการจำลองให้ข้าวมีความชื้นอยู่ที่ประมาณ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่ [16] ด้วยการพ่นละอองน้ำให้ปะปนกับข้าวเปลือกและคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปเก็บใส่ภาชนะที่ทึบแสงเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้ข้าวมีความชื้นที่สม่ำเสมอทั่วถึงกัน [17] ในงานวิจัยนี้เลือกความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยปริมาณน้ำที่ต้องเติมให้กับข้าวเปลือก คำนวณดังสมการที่ (1) [18]

$$M_{\text{water, add}} = \frac{100(m_{w, \text{net}} - m_{d, \text{net}}) - (M_{w, \text{target}} \times m_{w, \text{net}})}{(M_{w, \text{target}} - 100)} \quad (1)$$

โดยที่

$M_{\text{water, add}}$ = ปริมาณน้ำที่ต้องเติมให้กับข้าวเปลือก(กิโลกรัม)

$M_{w, \text{target}}$ = ความชื้นข้าวเปลือกที่ต้องการ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก)

$m_{w, \text{net}}$ = มวลวัสดุเปียก (กิโลกรัม)

$m_{d, \text{net}}$ = มวลวัสดุแห้ง (กิโลกรัม)

ทำการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากถังพักทุก ๆ 5 นาที จนกระทั่งถึงความชื้นที่ต้องการคือ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวเปลือก [19] จึงยุติการทดสอบ ทดสอบซ้ำรูปแบบละ 3 ซ้ำ ในการทดสอบนี้ใช้ข้าวเปลือกครั้งละ 1.5 กิโลกรัม ควบคุมอัตราการไหลผ่านหอบแห้งของข้าวเปลือกคงที่ที่ 1.5 กิโลกรัมต่อนาที เนื่องจากเป็นอัตราการไหลสูงสุดที่ไม่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกติดค้างที่อุปกรณ์ขบวนการไหล และมีการวัดและบันทึกอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมและวัดอุณหภูมิข้าวที่ถังพักข้าว

ตัวอย่างข้าวเปลือกตัวอย่างที่เก็บไว้จะนำไปวิเคราะห์หาความชื้นตามมาตรฐานของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [20] โดยนำเมล็ดข้าวเปลือกประมาณ 5 กรัมใส่ในถ้วยอะลูมิเนียม จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเมื่อครบเวลาแล้วจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง แล้วจึงคำนวณค่าความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก การคำนวณดังสมการที่ (2)

$$M_w = \frac{W_{i,oven} - W_{f,oven}}{W_{i,oven}} \quad (2)$$

โดยที่

M_w = เศษส่วนความชื้นมาตรฐานเปียก (เศษส่วน)

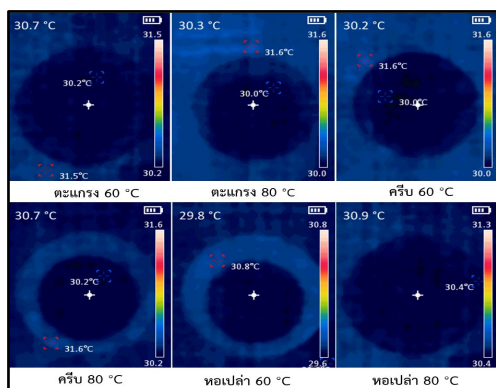
$W_{i,oven}$ = น้ำหนักข้าวเปลือกก่อนนำเข้าตู้อบลมร้อน (กรัม)

$W_{f,oven}$ = น้ำหนักข้าวเปลือกหลังนำออกจาก ตู้อบลมร้อน (กรัม)

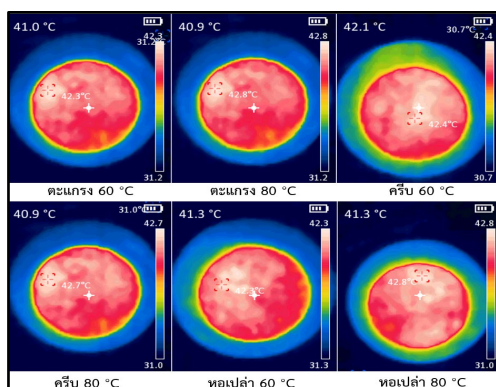
ประเมินสมรรถนะการอบแห้งจากพฤติกรรมรอบแห้ง

3 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบในส่วนที่หนึ่ง ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวขวางการไหลของเมล็ดข้าวเปลือกในหอบแห้งที่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30 – 31 องศาเซลเซียสเป็น 42 – 43 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 อุณหภูมิข้าวเปลือกก่อนการอบ

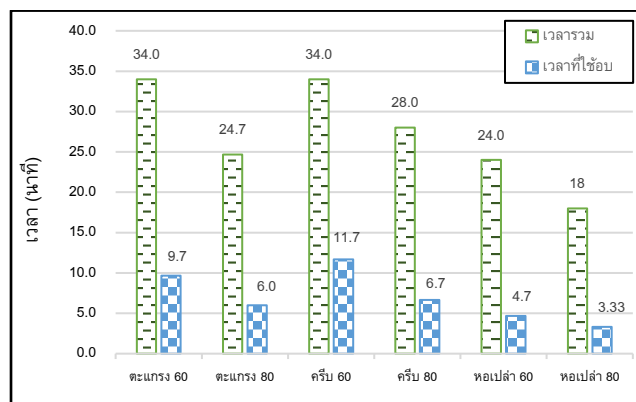


ภาพที่ 3 อุณหภูมิข้าวเปลือกหลังการอบ

จากภาพที่ 2 และ 3 พบว่าทั้ง 3 เงื่อนไขการอบแห้งสามารถเพิ่มอุณหภูมิข้าวเปลือกจากประมาณ 30 องศาเซลเซียสไปเป็นอุณหภูมิประมาณ 42 องศาเซลเซียส ได้ในระหว่างทำการทดสอบเมื่อพิจารณาพบว่ารูปแบบการอบแห้งแบบติดตั้งตัวขวางการไหลทั้ง 2 รูปแบบ สามารถทำให้ข้าวเปลือกได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงกว่ารูปแบบการอบแห้งแบบหอบแห้ง

เปล่า เนื่องจากตัวขวางการไหลทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีการกระจายตัวในหอบแห้ง จึงส่งผลให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง [13] ต่างจากรูปแบบหอบแห้งเปล่า เมล็ดข้าวเปลือกมีการไหลอย่างช้า ๆ ในหอบแห้งและมีความหนาของชั้นข้าวเปลือกประมาณ 2 เซนติเมตร จึงทำให้ข้าวเปลือกชั้นนอกไม่ได้รับความร้อน ถ้าสังเกตจากภาพที่ 3 อาจจะไม่เห็นถึงความแตกต่างเนื่องจากในขณะที่ทำการทดลองมีการคลุกเคล้าข้าวเปลือกช่วยด้วยเพื่อให้ได้อุณหภูมิข้าวเปลือกที่ต้องการ

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 42 – 43 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าตัวขวางการไหลมีอิทธิพลต่อระยะเวลาที่ทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4



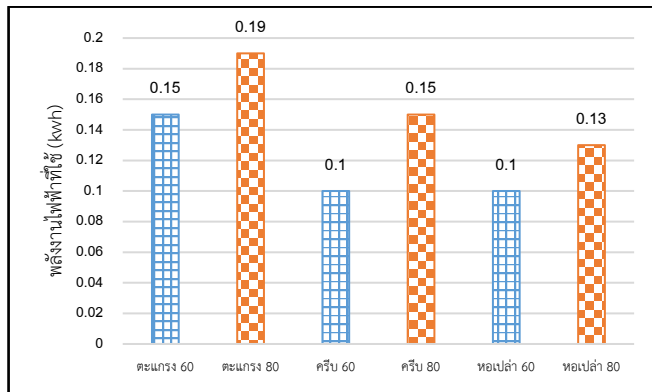
ภาพที่ 4 เวลาที่ใช้ทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิ 42 – 43

องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 4 จะเห็นว่าการทดสอบอบแห้งแบบหอบเปล่าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิอากาศ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิ 42 – 43 องศาเซลเซียส น้อยที่สุด คือ 3.3 นาที และรองลงมาจะเป็นเงื่อนไขการทดสอบอบแห้งแบบหอบเปล่าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4.7 นาที เนื่องจากรูปแบบการอบแห้งแบบหอบเปล่าเมล็ดข้าวเปลือกมีการไหลอย่างช้า ๆ ภายในหอบแห้งที่มีการควบคุม อัตราการไหลที่ด้านล่างของหอบแห้ง 1.5 กิโลกรัมต่อนาที ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีเวลาอยู่ในหอบแห้งนานกว่าตัวขวางการไหลอีกสองรูปแบบ จึงทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า ส่งผลให้ใช้เวลา น้อยกว่าในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในขณะที่รูปแบบการอบที่ใช้ตัวขวางการไหลแบบตะแกรงเหล็กฉีกและครีบลับฟันปลา เป็นการปล่อยให้เมล็ดข้าวเปลือกไหลจากถังพักข้าวด้านบน ที่มีการควบคุมอัตราการไหล 1.5 กิโลกรัมต่อนาที จากนั้นตกลงสู่หอบแห้งที่มีตัวขวางการไหลซึ่งเมล็ดข้าวเปลือกตกลงอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีเวลาอยู่ในหอบแห้งเพียงชั่วขณะ ส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำกว่า จึงทำให้ใช้เวลามากกว่าในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น [12]

และเมื่อพิจารณาในส่วนของการพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับเมล็ดข้าวเปลือกดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่าเงื่อนไขการอบแห้งแบบหอบเปล่าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิอากาศ

60 องศาเซลเซียส มีการใช้พลังงานเท่ากันกับเงื่อนไขการทดสอบ อบแห้งที่มีตัวขวางการไหลแบบคริสตัลลีนพลาสติกที่อบแห้งด้วย อุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งมี การใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.1 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง

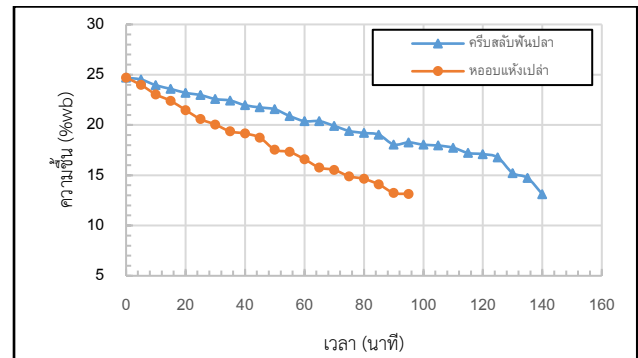


ภาพที่ 5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิข้าวเปลือกให้มีอุณหภูมิ 42 - 43 องศาเซลเซียส

เนื่องจากในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เป็น 42 - 43 องศาเซลเซียส หอบเป่าที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ อากาศ 60 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้า 250 วัตต์ เป็นเวลา 24 นาที ในขณะที่ตัวขวางการไหลแบบคริสตัลลีนพลาสติกที่อบแห้งด้วย อุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้า 180 วัตต์ เป็น เวลา 34 นาที เมื่อพิจารณาผลคูณของกำลังไฟฟ้าและเวลาใน หน่วยชั่วโมงของทั้งสองรูปแบบการอบพบว่ามีความเท่ากันคือ 0.1 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าทั้งสองรูปแบบการ อบใช้อุณหภูมิอากาศเท่ากันคือ 60 องศาเซลเซียส แต่ใช้ กำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน เนื่องจากตัวขวางการไหลแบบคริสตัลลีน พลาสติกจากสแตนเลสซึ่งมีความสามารถในการดูดซับความร้อนจาก การแผ่รังสีของฮีตเตอร์อินฟราเรดทำให้ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ หอบแห้งเป่า ในการทำให้อุณหภูมิอากาศในหอบแห้งเป็น 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงนำ 2 รูปแบบนี้ มาทำการทดสอบต่อเนื่อง เพื่อวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการอบแห้ง

ผลการทดสอบในส่วนหนึ่งทำให้ได้เงื่อนไขการอบแห้ง สำหรับส่วนที่สองคือ เงื่อนไขการทดสอบอบแห้งแบบ หอบแห้ง เป่าและแบบ ครีบสลับพลาสติกที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 60 องศา เซลเซียส ทั้ง 2 รูปแบบ โดยการทดสอบเพิ่มเติมในส่วนที่สองเป็น การทดสอบอบแห้งข้าวเปลือกจำนวน 1.5 กิโลกรัม จากความชื้น เริ่มต้นประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก จนกระทั่งเหลือ ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และควบคุมอัตราการไหล ของเมล็ดข้าวเปลือก 1.5 กิโลกรัมต่ออนาที จากผลการทดสอบเมื่อ พิจารณาในแง่ของพฤติกรรมการอบแห้งพบว่า ความชื้นข้าวเปลือก มีการลดลงแบบคงที่ทั้ง 2 รูปแบบการอบแห้ง เนื่องจากเมื่อใช้ เวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของข้าวเปลือกมีค่า สูงขึ้น ทำให้น้ำที่อยู่ภายในชั้นเนื้อข้าวเกิดการเคลื่อนตัวออกมาสู่ บริเวณเปลือกของเมล็ดข้าวและทำให้ความชื้นภายในเมล็ด ข้าวเปลือกลดลงอย่างสม่ำเสมอ และพบว่าผลการทดสอบในเงื่อนไข

หอบแห้งเป่าใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 95 นาที ซึ่งต่ำกว่าแบบ ครีบสลับพลาสติกที่ใช้เวลาในการอบแห้งถึง 140 นาที ดังแสดงใน ภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การลดลงของความชื้นข้าวเปลือกเมื่อเทียบกับเวลา

เนื่องจากรูปแบบการอบแห้งแบบหอบเป่า เมล็ด ข้าวเปลือกมีการไหลอย่างช้า ๆ ภายในหอบแห้งที่มีการควบคุม อัตราการไหลที่ด้านล่างของหอบแห้ง 1.5 กิโลกรัมต่ออนาที ทำให้ เมล็ดข้าวเปลือกมีเวลาอยู่ในหอบแห้งนานกว่าตัวขวางการไหล อีกสองรูปแบบ จึงทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า ส่งผล ให้ใช้เวลาน้อยกว่าในการลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกจาก 24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ให้เหลือ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก [11] ในขณะที่ยังรูปแบบการอบที่ใช้ตัวขวางการไหลแบบตะแกรง เหล็กฉีกและคริสตัลลีนพลาสติก เป็นการปล่อยให้เมล็ดข้าวเปลือก ไหลจากถังพักข้าวด้านบนที่มีการควบคุมอัตราการไหล 1.5 กิโลกรัมต่ออนาที จากนั้นตกลงสู่หอบแห้งที่มีตัวขวางการไหล ซึ่ง เมล็ดข้าวเปลือกตกลงอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ เมล็ดข้าวเปลือกมีเวลาอยู่ในหอบแห้งเพียงชั่วขณะ ส่งผลให้มีการ แลกเปลี่ยนความร้อนต่ำกว่า จึงทำให้ใช้เวลามากกว่าในการลด ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกจาก 24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกให้ เหลือ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

4 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบอบแห้งข้าวเปลือกในหอบแห้งโดยใช้ ฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นตัวทำความร้อน ซึ่งมีการวางหรือการ หน่วงการไหลเมล็ดข้าวที่แตกต่างกันพบว่า จากการทดลองพบว่า ปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลต่อเวลาที่ทำให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยหอบแห้งเป่าที่อบด้วยอุณหภูมิอากาศ 80 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาต่ำสุดในการทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 42 - 43 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาเพียง 3.3 นาที พบว่าหอบแห้ง เป่าที่อบด้วยอุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียสและคริสตัลลีน พลาสติกที่อบด้วยอุณหภูมิอากาศ 60 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานไฟฟ้า ต่ำที่สุดคือ 0.10 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง และจากการทดสอบอบแห้ง ข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้น 24% มาตรฐานเปียก อบแห้ง จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้าย 14% มาตรฐานเปียก พบว่าแบบ หอบแห้งเป่าใช้เวลาในการอบแห้งต่ำที่สุดคือ 95 นาที และ แบบคริสตัลลีนพลาสติกใช้เวลาคือ 140 นาที ใช้เวลาต่างกันถึง 32.14 % อย่างไรก็ตามสำหรับงานวิจัยนี้ยังพบว่า การอบแห้ง

ข้าวเปลือกด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความหนาแน่นของชั้นข้าวเปลือกในแฉกมีได้ เนื่องจากรังสีอินฟราเรดไม่สามารถทะลุผ่านชั้นของเมล็ดข้าวเปลือกได้ ดังนั้นเมื่อต้องการอบในปริมาณที่เพิ่มขึ้นต้องออกแบบให้หอบแห้งมีความสูงที่เพิ่มขึ้นแทน จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสำหรับเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อยอดเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกต้นแบบต่อไป ซึ่งจะมีการออกแบบเครื่องให้สามารถเพิ่มปริมาณการอบแห้งได้จาก 1.5 กิโลกรัม เป็น 15 กิโลกรัม พร้อมทั้งทดสอบปรับอัตราการใช้ของเมล็ดข้าวเปลือก เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอบแห้งชนิดนี้ ซึ่งผลที่ได้จะมีการทดสอบเปรียบเทียบกับอัตราการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติหรือการตากแดด เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการลดความชื้น อัตราการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ รวมถึงผลถึงกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องอบแห้งในด้านของคุณภาพข้าวที่ได้หลังการอบแห้งทั้ง 2 รูปแบบ ในแง่ของการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก (เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน)

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

6 เอกสารเอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติ สถาพรประสารณ์, และ โพธิ์ทอง ปราณีตพล กรัง. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด. Engineering and Technology Horizons. 2017; 34(4):22-29.
- [2] DigitalMedia Thai PBS. เกษตรกรไทย ปลูกอะไรมากที่สุด 5 อันดับแรก. [ออนไลน์]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 2567 กรกฎาคม 20]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.thaipbs.or.th/now/infographic/283>
- [3] กรมการค้าต่างประเทศ. (2567). สรุปตัวเลขปี 2566 ส่งออกข้าว 8.76 ล้านตัน คาดการณ์ปี 67 ส่งออกข้าว 7.5 ล้านตัน. [ออนไลน์]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 2567 กรกฎาคม 20]. เข้าถึงได้จาก : <http://gcc.go.th/?p=139954>
- [4] อภิสิทธิ์ ภักดีแก้ว, กระวี ตรีอำนาจ, และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. แบบจำลองอบแห้งชั้นบางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่อง อบแห้งแบบพาหะลม. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและ เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ, 2565; 8(2): 99-109.
- [5] เกรียงไกร เพชรน้ำเขียว. การทดลองและวิเคราะห์หาแนวทางอบแห้งข้าวเปลือกให้ได้ประสิทธิภาพสูงด้วยเครื่องอบแห้งแบบข้าวหล่นอิสระ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครราชสีมา :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2551.
- [6] บุญทริกา ศิลา. การพัฒนาระบบอบแห้งข้าวเปลือกแบบพาหะลมเสริมการทำงานด้วยรังสีอินฟราเรด [วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครราชสีมา :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2565.

- [7] กองวิจัยและพัฒนาข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว. [ออนไลน์]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 2567 กรกฎาคม 20]. เข้าถึงได้จาก : <https://webold.ricethailand.go.th/rkb3 / title-index.php-file=content.php&id=3-5.htm>
- [8] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา, กระวี ตรีอำนาจ, และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. อิทธิพลของรูปแบบความเร็วอากาศอบแห้งต่อการอบแห้งข้าวเปลือก.วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร , 2565; 16(1): 165-176.
- [9] จิตรารัตน์ จอกแก้ว. การประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบพาหะลม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครราชสีมา :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2559.
- [10] ณัฐพล แซ่ลิม. การอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลต่อเนื่องด้วยเทคนิคการแผ่รังสีอินฟราเรดในแฉกมี [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครราชสีมา :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2560.
- [11] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา. เส้นแนวปฏิบัติการของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบเป่าพ่นที่เป็นช่อง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครราชสีมา :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2557.
- [12] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา, ทวีข จิตรสมบูรณ์. การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกในเครื่องอบแห้งแบบเป่าพ่นในท่อพินปลา.วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2565; 17(1):53-63
- [13] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา, ทวีข จิตรสมบูรณ์. (2557). เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบเป่าพ่นหน้าต่างติดตะแกรง. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28; 15-17 ตุลาคม 2557; ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น,. 2557.
- [14] ณัฐพงษ์ วงศ์บับพา, กรณ์กมล ภูครองหิน, เอกบดี เมืองกลาง, ปรีชา สมหวัง, เด่น คอกพิมาย, กัมพล อรนนท์ และ วิชาญณรงค์ วงศ์บับพา. (2567). เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบเป่าพ่นหมุนวนในท่อกระเปาะ. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 38; 16-19 กรกฎาคม 2567; ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,. 2567.
- [15] บริษัท สุพรีมไลน์ จำกัด. บทความสาระน่ารู้มีประโยชน์ ฮีตเตอร์อินฟราเรด Infrared Heater. [ออนไลน์]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 2567 กรกฎาคม 20]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2063-ฮีตเตอร์อินฟราเรด-infrared-heater.html>
- [16] Department of Agriculture. Quality and Inspection of Thai Hom Mali Rice. Jirawat express co., ltd. Bangkok Thailand; 2004.

- [17] Limpiti, S. and Changrue, V. Effects of Rewetting on Milling Quality of Wet Season Japanese Rice. *Journal of Agricultural*. 1996; 12(2):134-139.
- [18] อภิสิทธิ์ ภัคดีแก้ว. การพัฒนาวิธีการวัดและประเมินความชื้นข้าวเปลือกตามเวลาจริง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครราชสีมา :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2564.
- [19] Nuttaphon, S., Tawarat, T. and Krawee, T. Development of a Continuous Flow Paddy Dryer with Infrared Radial Radiation Technique. *RMUTP Research Journal*. 2018; 12(2): 37-46.
- [20] AOAC (Association of Official Analytical Chemists). *Official Methods of Analysis*. 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland; 2000.