

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอินฟราเรด

Design and Development of Solar and Infrared Dryer

ธณัญญศ สมใจ¹ สุพร หนูคง¹ กฤษฎากร บุตดาจันทร์² อัครวัฒน์ ไบกว้าง³ ภราดร หนูทอง⁴ และ มนตรี ขาวสุข^{2*}¹ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม ²ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

³แผนกวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคลำปาง⁴สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานThanutyot Somjai¹ Khridsadakhon Booddachan² Arkharawat Baikwang³Suporn Nukong¹ Pharadon Nuathong⁴ and Montri Kawsuk^{2*}¹Department of Industrial Management ²Department of Agricultural Engineering for Industry,

Faculty of Technology and Industrial Management,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus.

³Department of Industrial Mechanics, Lampang Technical College⁴Department of Applied Physics, Faculty of Science and Liberal Arts,

Rajamangala University of Technology Isan

*Corresponding author Email: montri.k@itm.kmutnb.ac.th

(Received: July 17, 2025; Revise: December 19, 2025; Accepted: December 19, 2025)

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบหมุนเวียนอากาศและอินฟราเรด ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์พร้อมชุดแบตเตอรี่เพื่อเก็บและจ่ายพลังงานให้กับพัดลมระบายอากาศ ทำการติดตั้งอินฟราเรดและโคโมกระจายรังสีอินฟราเรดทำมุม 60 องศาเพื่อการอบแห้ง ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งโดยการอบพริกจินดาแดง การประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบหมุนเวียนอากาศและฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 650 และ 1150 W การอบแห้งพริกความชื้นเริ่มต้น 320.08–285.47 %db. ถึงความชื้นสุดท้าย 19.99–14.41 %db. พบว่า การอบแห้งพริกจินดาแดงด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเปิดพัดลมระบายช่วยลดความชื้นในห้องอบแห้งได้ เมื่ออบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาในการอบแห้งมากกว่าการอบแห้งด้วยอินฟราเรด เมื่ออบแห้งพริกจินดาแดงด้วยเครื่องอบแห้งอินฟราเรด 650 W และ 1150 W เมื่อกำลังอินฟราเรดเพิ่มขึ้น เวลาการอบแห้งลดลง ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งด้วยอินฟราเรด อบแห้งพริก การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบอบแห้ง

Abstract

The development of the solar and infrared dryer with ventilation comprised installing a solar module and battery for electricity storage and supply. There were assemblages of infrared lamps and reflectors, a 60-degree tilt, to the dryer for supporting low solar radiation. The experiment was Chinda chili

drying by the ventilated solar dryer with the infrared heaters 650 and 1,150 W. The initial moisture contents of chili peppers were 320.08–285.47 %db., and final moisture contents were 19.99–14.41 %db. Assessing dryer performance and energy consumption, dried Chinda chili from the solar dryer with the ventilation fan could decrease the moisture in the drying chamber. The drying time by solar was longer than by infrared. As a result of drying with infrared heaters 650 and 1,150 W, the higher infrared power showed decreased drying time, increased thermal efficiency, and lowered specific energy consumption.

Keywords: Solar Dryer, Infrared Dryer, Chili Drying, Specific Energy Consumption, and Thermal Efficiency

1. บทนำ

การอบแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้น โดยการนำน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยการให้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุม ซึ่งจะมีการถ่ายโอนความร้อนและถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นพร้อมกัน ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ ลดน้ำหนักและปริมาณของผลิตภัณฑ์ทำให้สะดวกในการขนส่งและเก็บรักษาช่วยรักษาคุณภาพให้ได้นานขึ้น [1] การพัฒนาวิธีการอบแห้งจะใช้เทคนิคการส่งผ่านความร้อนที่ส่งเข้าไป ด้วยการนำ การพา หรือการแผ่รังสีความร้อน การอบแห้งยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และโภชนาการเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง การอบแห้งสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไปโดย [2] ได้มีการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งที่ผ่านมาพบว่าการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อบแห้งด้วยสุญญากาศ และอบแห้งด้วยปั๊มความร้อนจะได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างดี เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่มีข้อเสียคือระบบซับซ้อนและต้นทุนที่สูงซึ่งไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดครัวเรือน สำหรับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ เป็นอีกวิธีที่น่าสนใจผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบมีคุณภาพสูง แต่มีข้อจำกัดคือไมโครเวฟมีอันตรายเพราะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับการนิยมนอย่างมากเพราะมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น [2–3] เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนจากหลายแหล่งที่หาได้ง่าย เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซ LPG หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนการต่างๆ ของโรงงาน เป็นต้น แต่การอบแห้งด้วยลมร้อนก็มีข้อด้อยคือผิวนอกของผลิตภัณฑ์เกิดการเหี่ยวแห้งเพราะอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะสูงที่สุดที่ผิวนอก การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในการถนอมอาหารส่วนใหญ่จะใช้การตากแดดซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ต้นทุนต่ำ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาเนื่องจากการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆ เกิดความเสียหายระหว่างการตาก เช่น เปียกฝน ขึ้นรา หรือถูกทำลายจากนก หนู แมลง และสัตว์ต่างๆ ใช้เวลานานไม่สามารถผลิตได้ต่อเนื่อง ถ้าหากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยก็ไม่สามารถทำได้ เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ไม่เหมาะสม ทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น [4–5] การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นวิธีการอบแห้งวิธีหนึ่งที่ต้นทุนต่ำ มีจุดเด่นคือพลังงานจากรังสีอินฟราเรดจะแผ่ไปยังผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้ให้น้ำภายในผลิตภัณฑ์สั่น และเกิดความร้อนขึ้นอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิว ทำให้ผิวนอกผลิตภัณฑ์ไม่เหี่ยวแห้งช่วยให้มีอัตราการอบแห้งสูง ลดเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง การแผ่รังสีอินฟราเรดอุณหภูมิจะกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ จึงลดปัญหาความชื้นไม่สม่ำเสมอและยังต้องการอากาศหมุนเวียนที่เล็กน้อย อินฟราเรดสามารถนำไปใช้ควบคู่กับระบบอื่นได้ง่ายเนื่องจากใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่น้อย ไม่มีความซับซ้อนของระบบรวมทั้งตอบสนองต่อการควบคุมได้รวดเร็ว [6–8]

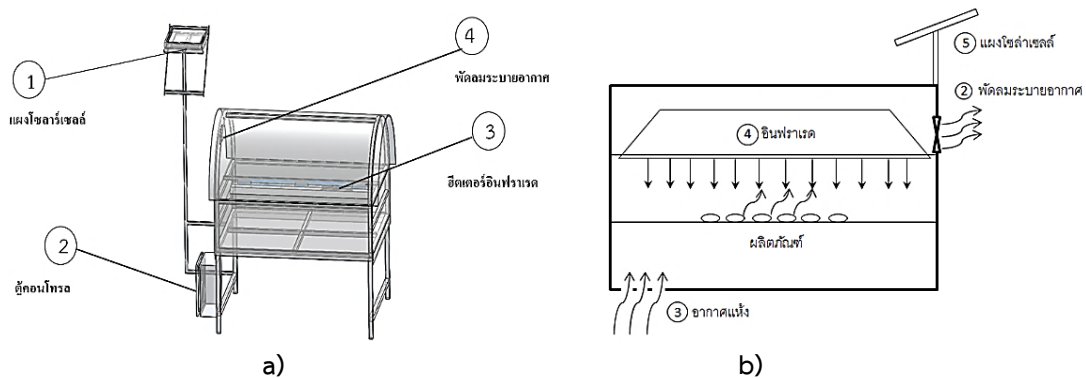
จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำความร้อนจากเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบหมุนเวียนอากาศและรังสีอินฟราเรดมาใช้ประโยชน์ในการอบแห้ง หลักการที่สำคัญ คือ พลังงานแสงอาทิตย์แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าและจ่ายให้กับพัดลมระบายความร้อน และใช้เป็นพลังงานในการอบแห้งเพื่อช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเครื่องอบแห้งยังสามารถปรับเปลี่ยนมาใช้ในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

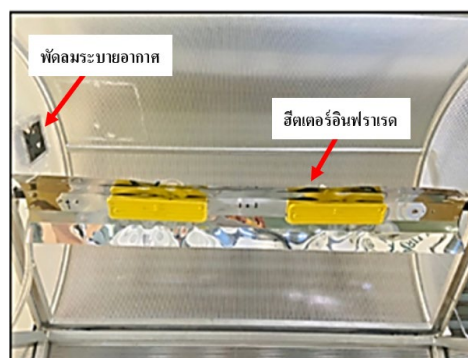
การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบหมุนเวียนอากาศและอินฟราเรด ขนาดห้องอบแห้งมีความกว้าง 120 ซม. มีความยาว 90 ซม. และสูง 30 ซม. โดยใช้โซล่าเซลล์เป็นแหล่งพลังงานให้กับพัดลมในระบบหมุนเวียนอากาศมี ถาดอบแห้งจำนวน 2 ถาด มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

2.1 การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบหมุนเวียนอากาศและอินฟราเรดแสดงดังรูปที่ 1 โดยจุดที่ 1 ตำแหน่งติดตั้งระบบโซล่าเซลล์โดยมีเสาห่างออกจากตัวตู้ 35 ซม. และสูง 135 ซม. โดยแผงโซล่าเซลล์ให้ทำมุม ประมาณ 15 องศาตามละติจูดของประเทศไทยและหันหน้าแผงโซล่าเซลล์ไปทางทิศใต้เพื่อการรับแสงได้อย่างเต็มที่ ขนาดของ แผงโซล่าเซลล์ขนาด 10 W สำหรับการจ่ายพลังงานให้พัดลมระบายอากาศ จุดที่ 2 ติดตั้งตู้คอนโทรลทางด้านซ้ายของตัวตู้ และสูงจากพื้น 10 ซม. ประกอบด้วย สวิตช์ 2 ตัว สำหรับเปิด-ปิดพัดลมและควบคุมไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซล่าเซลล์เพื่อการ ชาร์จไฟจากแผงโซล่าเซลล์ลงแบตเตอรี่และควบคุมการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้พัดลมระบายอากาศ แบตเตอรี่แรงดัน 12 V และกระแส 8 A จำนวน 2 ก้อน และตัวแสดงค่าอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้บริเวณหน้าตู้ จุดที่ 3 ติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบแผ่น เซรามิก และโคมเพื่อกระจายรังสีอินฟราเรดบริเวณกลางตู้อบแห้งและสูงจากถาดอบแห้ง 20 ซม. ระบบอินฟราเรดได้ ออกแบบให้มีความยาว 120 ซม. โดยมีตัวโคมกระจายรังสีอินฟราเรดยาว 108 ซม. และมีความกว้าง 7.8 ซม. ตัวโคมจะมี ความโค้ง 60 องศา จะติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรดไว้จำนวน 2 ตัวโดยแต่ละตัวมีกำลัง 1,500 W และระบบอินฟราเรดสามารถ ถอดและประกอบเข้ากับตัวเครื่องอบแห้งได้ แสดงดังรูปที่ 2 จุดที่ 4 การติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้านข้างของตู้อบแห้ง ขนาดความกว้าง 4.5 นิ้ว อัตราการใช้พลังงาน 1.8 W/h ใช้แรงดัน 12 V ที่ด้านซ้ายของตัวตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 1 a) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอินฟราเรด b) ทิศทางการระบายอากาศ



รูปที่ 2 ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิก

2.2 วิธีการทดลอง

นำพริกจินดาน้ำหนัก 3 กิโลกรัม มาทำการจัดเรียงให้เต็มตะแกรงซึ่งน้ำหนักก่อนการอบแห้งดังรูปที่ 4 a)[9]

2.2.1 การอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบหมุนเวียนอากาศ

นำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไปตั้งกลางแจ้งและทำการเปิดระบบหมุนเวียนอากาศวัดอุณหภูมิโดยเริ่มเก็บข้อมูลเวลา 9.00–16.00 น. ของแต่ละวันจะดำเนินการเก็บเครื่องอบแห้งในที่ร่ม นำพริกจินดาเข้าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และนำพริกออกมาบันทึกน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง ทำการบันทึกเลขมิเตอร์การใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลมบันทึกน้ำหนักของพริก บันทึกอุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอกเครื่องอบแห้งและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งโดยใช้ดาต้าล็อกเกอร์ บันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง บันทึกระยะเวลาในการอบแห้ง บันทึกความชื้นของแสง จะหยุดการอบเมื่อความชื้นสุดท้ายประมาณ 15% db.

2.2.2 การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

เครื่องอบแห้งอินฟราเรด โดยเริ่มที่ กำลังรังสีอินฟราเรดที่ 650 W และนำพริกออกมาชั่งน้ำหนักและทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที ทำการบันทึกการใช้ไฟฟ้าของอินฟราเรด บันทึกอุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอกเครื่องอบแห้งและอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งโดยใช้ดาต้าล็อกเกอร์บันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง ทำการบันทึกเลขมิเตอร์การใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม ระยะเวลาในการอบแห้ง จนถึงความชื้นสุดท้ายประมาณ 15% db. ทำการทดลองซ้ำ โดยมีการเปลี่ยนแปลงกำลังของรังสีอินฟราเรดในการอบแห้งเป็น 1,150 W ใช้ในการอบแห้งจนถึงความชื้นสุดท้ายที่กำหนด

2.3 การประเมินสมรรถนะของระบบอบแห้ง

2.3.1 หาความชื้น

การหาความชื้นก่อนการอบแห้งและหลังการอบแห้งโดยการนำตัวอย่างไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง [10] แล้วนำน้ำหนักแห้งไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (Moisture content) ดังสมการที่ (1)

$$M_d = \frac{W-d}{d} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ M_d คือ ความชื้นฐานแห้ง % (db.) W คือ มวลของวัสดุชิ้น (kg) d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

2.3.2 ประสิทธิภาพทางความร้อน

ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้ง ซึ่งเท่ากับอัตราส่วนของความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยของน้ำต่อพลังงานที่ให้กับระบบอบแห้งดังสมการที่ (2)

$$\eta_v = \frac{m_w h_{fg} \times 100}{G_T A_c + Q_c} \quad (2)$$

โดยที่ η_v คือประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบอบแห้ง (%) m_w คือมวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง (kg) h_{fg} คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (2502–2.386T kJ/kg) A_c คือ พื้นที่ของห้องอบ (m²) G_T คือ รังสีรวมที่ตกกระทบบนระนาบของตัวเก็บรังสี (W/m²) Q_c คือ พลังงานรวมไฟฟ้าที่ใช้ในพัดลมและอินฟราเรด (kWh)

2.3.3 การสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้ง

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบแห้งแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุ สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (3)

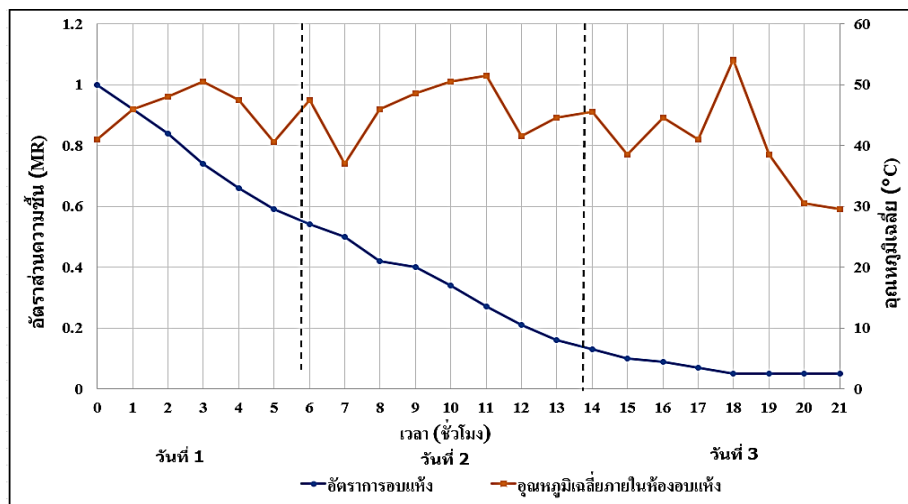
$$SEC = \frac{E_{electric} + E_{thermal}}{m_w} \quad (3)$$

โดยที่ $E_{electric}$ คือปริมาณพลังงานไฟฟ้าของอินฟราเรด (MJ) $E_{thermal}$ คือปริมาณพลังงานไฟฟ้าของพัดลม (MJ) m_w คือ ปริมาณน้ำระเหย(kg)

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิเคราะห์การอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบพัดลมระบายอากาศ

อุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งในแต่ละวันที่เก็บข้อมูลโดยอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งในวันที่ 1 เท่ากับ $44.72 \pm 4.64^\circ\text{C}$ อุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งในวันที่ 2 เท่ากับ $46.37 \pm 3.55^\circ\text{C}$ และอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งในวันที่ 3 เท่ากับ $39.46 \pm 7.43^\circ\text{C}$ โดยอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในวันที่ 3 น้อยที่สุด เพราะว่าค่าความเข้มแสงน้อยที่สุด โดยเฉลี่ยเท่ากับ $198.76 \pm 211.32 \text{ W/m}^2$ แสดงดังรูปที่ 3 ผลการอบแห้งพริกจินดาทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบระบายอากาศแสดงดังตารางที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน แสดงดังรูป 4a) แสดงพริกจินดาหลังอบแห้งการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบพัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 3 อัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 1 ผลการอบแห้งพริกจินดา

ข้อมูล	ผลการทดลอง
น้ำหนักพริกเริ่มต้น (kg)	3.02
น้ำหนักสุดท้าย (kg)	0.891
ปริมาณน้ำระเหย (kg)	2.129
ความชื้นเริ่มต้น (%db.)	285.47
ความชื้นสุดท้าย (%db.)	14.41
เวลาอบแห้ง (h)	21
ค่าความชื้นรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย (W/m^2)	420.77
อัตราการอบแห้ง (kg/h)	0.101
ค่าการใช้พลังงาน (kWh)	0.0289
$\eta_{th}(\%)$	0.312
การสิ้นเปลืองพลังงาน (kWh/kg)	0.01357


รูปที่ 4 a) พริกจินดาล้างอบแห้งการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบพัดลมระบายอากาศ

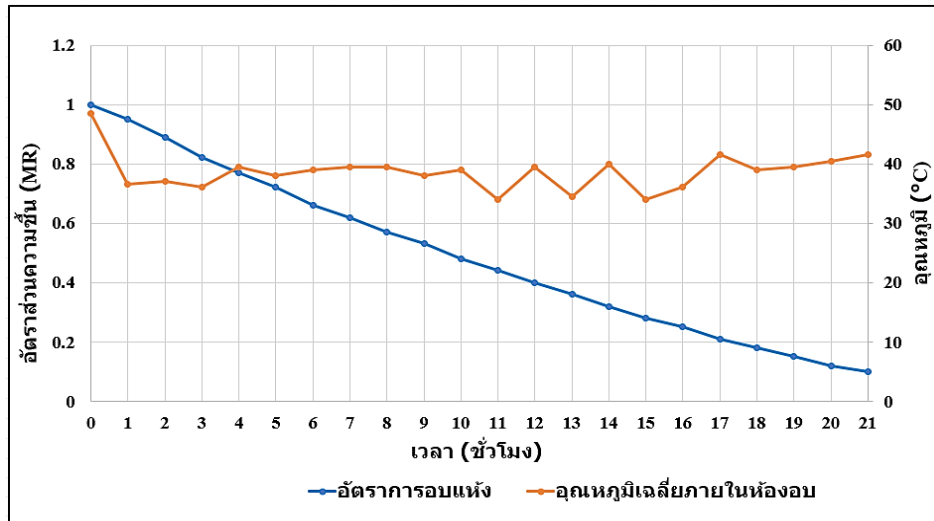
b) พริกจินดาล้างอบแห้งการด้วยพลังงานอินฟราเรด 650 W

c) พริกจินดาล้างอบแห้งการด้วยพลังงานอินฟราเรด 1,150 W

พบว่าพริกจินดา ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน อัตราการอบแห้ง 0.101 kg/h ค่าการใช้พลังงาน 0.0289 kWh ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 0.312% และการสิ้นเปลืองพลังงาน 0.01357 kWh/kg

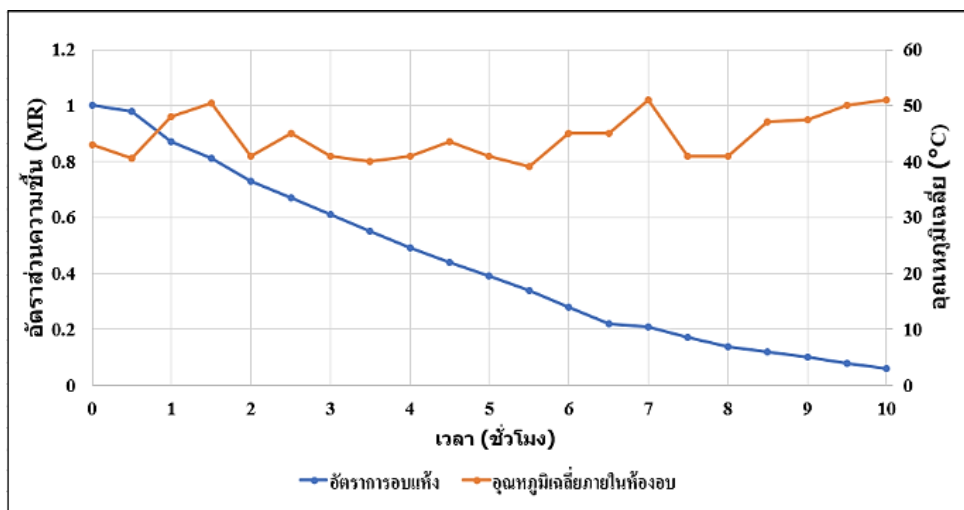
3.2 ผลการวิเคราะห์การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

การอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่ระดับกำลังอินฟราเรด 650 W รูปที่ 5 แสดงให้เห็นอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งตลอดระยะเวลาที่ทดลองอบแห้งพบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งเท่ากับ $38.38 \pm 3.08^\circ C$ ซึ่งเมื่อนำมาแสดงตามช่วงเวลาที่ทดลองจะพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดภายในห้องอบแห้งเท่ากับ $48.29^\circ C$ และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งต่ำสุดเท่ากับ $33.89^\circ C$ และอัตราส่วนความชื้นมีการลดลงอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิแวดล้อมโดยเฉลี่ยเท่ากับ $27.62 \pm 1.83^\circ C$ พบว่าพริกจินดา ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง อัตราการอบแห้ง 0.1042 kg/h ประสิทธิภาพทางความร้อน 10.39% และการสิ้นเปลืองพลังงาน 6.4509 kWh/kg แสดงดังตารางที่ 2 รูปที่ 4 b) แสดงพริกจินดาล้างอบแห้งการด้วยพลังงานอินฟราเรด 650 W



รูปที่ 5 อัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งโดยเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลากการอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่ระดับกำลังอินฟราเรด 650 W

การอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่ระดับกำลังอินฟราเรด 1,150 W จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งตลอดระยะเวลาที่ทดลองอบแห้งพบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งเท่ากับ $44.32 \pm 4.02^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเมื่อนำมาแสดงตามช่วงเวลาที่ทดลองจะพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในห้องอบแห้งเท่ากับ 50.86°C และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 38.86°C และอัตราส่วนความชื้นมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิแวดล้อมโดยเฉลี่ยเท่ากับ $27.33 \pm 0.96^{\circ}\text{C}$ พบว่าพริกจินดาระยะเวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง อัตราการอบแห้ง 0.2061 kg/h ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 12.02% และการสิ้นเปลืองพลังงาน 5.5378 kWh/kg แสดงดังตารางที่ 2 รูปที่ 4 c) แสดงพริกจินดาหลังอบแห้งการด้วยพลังงานอินฟราเรด 1,150 W



รูปที่ 6 อัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งโดยเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลากการอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่ระดับกำลังอินฟราเรด 1150 W

ตารางที่ 2 ข้อมูลการอบแห้งด้วยอินฟราเรดที่ระดับกำลังอินฟราเรด 650 และ 1150 W

ข้อมูล	IR 650W	IR 1150W
น้ำหนักเริ่มต้น (kg)	3.070	3.061
น้ำหนักสุดท้าย (kg)	0.877	1.000
ปริมาณน้ำระเหย (kg)	2.19	2.06
ความชื้นเริ่มต้น (%db.)	320.08	253.23
ความชื้นสุดท้าย (%db.)	19.99	15.40
เวลาอบแห้ง (h)	21	10
อัตราการอบแห้ง (kg/h)	0.1042	0.2061
ค่าการใช้พลังงานพัสดม (Wh)	27.5	13.4
ค่าการใช้พลังงานอินฟราเรด (kWh)	14.1	11.4
$\eta_{th}(\%)$	10.39	12.02
การสิ้นเปลืองพลังงาน (kWh/kg)	6.4509	5.5378

4. อภิปรายผล

จากการเก็บข้อมูลของการอบแห้งพริกจินดาแดงด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีระบบพัสดมระบายอากาศและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด บันทึกค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นรังสีอาทิตย์ ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และพลังงานที่ใช้ในระบบ นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพทางความร้อนและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งพริกจินดาแดงด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเปิดพัสดมระบายช่วยลดความชื้นในห้องอบแห้งได้ สอดคล้องกับงานวิจัย การศึกษาเบื้องต้นและการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของการอบแห้งพริกแดงจินดา ในต้นแบบโรงเรือนแบบพืระมัดและโรงเรือนแบบอุโมงค์กับพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ [9] หากพิจารณา ประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 0.312% มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 0.01357 kWh/kg เมื่ออบแห้งพริกจินดาแดงด้วยเครื่องอบแห้งอินฟราเรด 650 W และ 1150 W เมื่อกำลังอินฟราเรดเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.64 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง 14.15 % สอดคล้องกับงานวิจัยของตูบแห้งพริกชี้ฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยรังสีอินฟราเรด [11] ในการศึกษาต่อไปพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น และจะดำเนินการศึกษาความแตกต่างของคุณภาพสีของพริกจินดาแดงหลังการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอินฟราเรด อีกทั้งนำความรู้ที่ได้ไปแนะนำให้กับเกษตรกรเพื่อให้เกิดการแปรรูปพริกจินดาแดงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุป

จากการทดสอบอบแห้งพริกจินดาแดงเพื่อวิเคราะห์หาสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง พบว่าการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเปิดพัสดมระบายอากาศความชื้นเริ่มต้น 285.47 %db. จนถึงความชื้นสุดท้าย 14.41 %db. อัตราการอบแห้ง 0.101 kg/h ระยะเวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง และการทดสอบอบแห้งพริกจินดาแดงเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องอบแห้งอินฟราเรด พบว่าการอบแห้งที่กำลังอินฟราเรด 650 W ความชื้นเริ่มต้น 320.08 %db.จนถึงความชื้นสุดท้าย 19.99 %db. อัตราการอบแห้ง 0.1042 kg/h เวลาในการอบแห้ง 21 ชั่วโมง การอบแห้งที่กำลังอินฟราเรด 1150 W ความชื้นเริ่มต้น 253.23 %db.จนถึงความชื้นสุดท้าย 15.40 %db. อัตราการอบแห้ง 0.2061 kg/h เวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าการอบแห้งด้วยอินฟราเรด 1150 W มีอัตราการอบแห้งที่ดีกว่าส่งผลให้ประหยัดเวลาในการอบแห้ง ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Soumati, M. Atmani, A. Benabderrahmane, and M. Benjelloun, “Whey Valorization–Innovative Strategies for Sustainable Development and Value-Added Product Creation,” *J. Ecol. Eng.*, vol. 24, no. 10, pp. 86–104, 2023.
- [2] P. J. Fellows, “Dehydration,” in *Food Processing Technology (Third Edition)*. Woodhead Publishing, pp. 481–524, 2009.
- [3] K. K. Patel and A. Kar, “Heat Pump Assisted Drying of Agricultural Produce—An Overview,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 49, pp. 142–160, 2012.
- [4] K. J. Chua and S. K. Chou, “Low Cost Drying Methods for Developing Countries,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 14, no. 12, pp. 519–528, 2003.
- [5] A. Taikhaw and S. Theekhathap, “Solar Dryers with Natural Convection and Forced Convection,” *East. Asia Univ. Acad. J.*, pp. 23–31. (in Thai)
- [6] T. Khunkaew, “Development of Solar Dryer for Household Use: Preliminary Study on Performance and Modeling,” M.S. thesis, Dept. Phys., Silpakorn Univ., 2018. (in Thai)
- [7] J. Tasara, S. Tirawanichakul, and Y. Tirawanichakul, “Guidelines for the Development of Crispy Anchovy by Hot Air and Infrared Drying,” *Burapha Sci. J.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–10, 2014. (in Thai)
- [8] P. Dithkhanarakkul, P. Noothong, and P. Khantikomolm, “Design and Construction of Thin Layer Dryer for Drying Korat Rice Noodle Using Infrared and Hot Air,” Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, 2013. (in Thai)
- [9] T. Ongprasert and K. Jitchak, “Study on the Efficiency of a Solar Greenhouse Dryer Combined with Infrared Supplemental Heat for Drying Candied Cherry Tomatoes,” *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 3, no. 10, pp. 62–83, 2020. (in Thai)
- [10] C. Chotikasathien and K. Komolvijit, “Preliminary Study and Comparison of Moisture Content of Drying Red Jinda Chili in Pyramid and Tunnel Greenhouse Models with Solar Radiant Energy,” *Thailand Elect. Eng. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 16–19, 2023. (in Thai)
- [11] AOAC, *Official Methods of Analysis of the Association of Official’s Analytical Chemists*. Virginia, 2000.
- [12] S. Maolee, “Automatic Chili Dryer with Infrared Radiation,” M.S. thesis, Sch. Mechatronics Eng., Suranaree Univ. of Technol., 2021. (in Thai)