เครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมสำหรับการแปรรูปอาหาร

ประยุทธ นิสภกุล[1*] จักรรินทร์ ไหมศรี[2] กรกฤช กอบัวแก้ว[3] ภูกิจ คงเปี่ยม[4] และประสิทธิ์ ภูสมมา[5]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์และน้ำร้อนสำหรับการแปรรูปอาหาร การออกแบบระบบเครื่องอบแห้งแบ่งเป็น 3 สวน ประกอบด้วย 1) ตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์ 2) ถังเก็บน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และ 3) วงจรควบคุมระบบการทำงานการทดลองเครื่องอบแห้ง ดำเนินการเก็บข้อมูลอุณหภูมิระหว่างการอบแห้ง ที่ตำแหนงตาง ๆ ภายในตู้อบทุกๆ 10 นาที ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล โดยตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมเท่ากับ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลของอากาศคงที่เท่ากับ 0.0012 กิโลกรัมต่อวินาที

ผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิควบคุม 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งมีค่าเท่ากับ 45.10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยรอบเฉลี่ย เท่ากับ 33.45 องศาเซลเซียส และความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 523.22 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิควบคุม 60 องศาเซลเซียส พบวา อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแหง เท่ากับ 54.53 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโดยรอบเฉลี่ย 36.42 องศาเซลเซียส และความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 496.35 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิควบคุม 70 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง เท่ากับ 63.67 องศาเซลเซียส อากาศภายนอกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 36.90 องศาเซลเซียส และความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 841.29 วัตต์ต่อตารางเมตร ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์และน้ำร้อนสูงสุดร้อยละ 36.08 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบเดิม

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้ง พลังงานความร้อนร่วม การแปรรูปอาหาร

[1,2,5] สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

[4] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

[3] สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[*] ผู้ประสานงานหลัก e-mail: Prayut.n@dru.ac.th

วันที่รับบทความ 28 มีนาคม 2567 วันที่แก้ไขบทความ 22 มิถุนายน 2567 วันที่ตอบรับบทความ 24 มิถุนายน 2567

Academic Journal of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University
Volume 2, Issue 1, (January-June) 2024

Combined Heat Dryer Machine for Food Processing

Prayut Nisapakul[1*] Juggarin Maisree[2] Korakrit Korbuakaew[3]
Phukit Khongpeim[4] and Prasit Phoosomma[5]

ABSTRACT

The objective of this research was to construct a prototype of combined heat dryer machine (solar dryer and hot water) for food processing. The design of the dryer system was divided into 3 parts: 1) a solar radiation co-heating drying cabinet, 2) a hot water tank, and 3) an operating control circuit system. Drying temperature at various locations within the dryer machine were collected every 10 minutes by using a data logger. The controlled temperatures were set at 50, 60 and 70°C, with a constant air flow rate of 0.0012 kg/s.

The results showed that the controlled temperature of 50°C, the average temperature inside the dryer was 45.10°C, while the average ambient temperature was 33.45°C. The average solar energy intensity was 523.22 W/m². At a controlled temperature of 60°C, the average temperature inside the dryer was 54.53°C, while the average ambient air temperature was 36.42°C. The average solar energy intensity was 496.35 W/m². At a controlled temperature of 70°C, the average temperature inside the dryer was 63.67°C, while the average ambient air temperature was 36.90°C. The average solar energy intensity was 841.29 W/m². The maximum thermal efficiency of the solar radiation combined with the hot water dryer was 36.08%, which was higher than that of the traditional solar dryer.

Keywords: drying innovation, combined heat energy, food processing

---

[1,2,5] Electrical Technology Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University
[4] Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University
[3] Engineering Management Program, Faculty of Engineering, Siam University
[*] Corresponding author e-mail: Prayut.n@dru.ac.th
Received: Mar 28, 2024 Revised: Jun 22, 2024 Accepted: Jun 24, 2024

บทนำ

จากการลงพื้นที่สำรวจความต้องการภายในชุมชนพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ชุมชนมีการทำอุตสาหกรรมลูกจากอบแห้ง และการตากแห้งปลาสลิด ในส่วนของการทำลูกจากอบแห้งนั้นต้องใช้ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้าและนำลูกจากไปอบ จึงทำให้มีต้นทุนจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากขดลวดความร้อน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง สำหรับการตากแห้งปลาสลิดใช้วิธีการตากแห้งกับแดดธรรมชาติในพื้นที่เปิดซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ได้มาตรฐาน มีโอกาสปนเปื้อนและเสี่ยงต่อโรค

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน มีความเข้มของรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายปีที่สูง (มากกว่า 15 เมกะจูลต่อตารางเมตร) นับเป็นแหล่งพลังงานอันมหาศาลที่ไม่มีต้นทุนด้านพลังงานและเป็นพลังงานสะอาด พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นที่สนใจในวงกว้าง การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สามารถทำได้ทั้งโดยการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพไม่สูงนัก และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนที่ให้ประสิทธิภาพสูงมากกว่า อีกทั้งมีความเหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อย่างไรก็ตามการใช้อากาศร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหยออกจากวัสดุนั้นจะมีการสูญเสียพลังงานสู่สิ่งแวดล้อมค่อนข้างมาก วิธีการหนึ่งที่เกษตรกรนิยมเป็นอย่างมาก คือการตากแดดธรรมชาติ เพราะดำเนินการได้ง่ายและประหยัด แต่ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียระหว่างการแปรรูปอยู่มากอันเนื่องมากจากสภาพอากาศ และมีสิ่งปนเปื้อนได้ง่าย การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบอบแห้งจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูป อาหารระบบอบแห้งโดยปกตินิยมใช้การถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อน (heat convection) ซึ่งมีทั้งการพาความร้อนแบบอิสระ (free convection) และพาความร้อนแบบบังคับ (force convection) (Akashi, Polasek and Stulc, 1996) ซึ่งดำเนินการโดยใช้ลมร้อนเป็นตัวพาความร้อน มีทั้งสะสมความร้อนด้วยแผ่นสะสมความร้อน (heat collector) แล้วส่งผ่านความร้อนด้วยอุโมงค์ลม (Dunn and Reay, 1982) ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ ระบบอบแห้งแบบตู้ ซึ่งใช้อากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นหลังคาโรงเรือน ทั้งนี้การส่งผ่านความร้อนแบบพาความร้อนมีการสูญเสียพลังงานความร้อนไปสู่อากาศ ไม่ได้ถ่ายโอนพลังงานจากแสงอาทิตย์ไปสู่ผลิตภัณฑ์โดยตรง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านเพลทร้อน ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนจากระบบสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์ไปสู่ผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งช่วยลดการสูญเสียพลังงานให้ความร้อนได้สม่ำเสมอมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่ายจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท

พลังแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานอันมหาศาล จึงนำมาประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ และแทนที่พลังงานหลัก 2 อย่างทั้งพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำมาใช้ในพลังงานหลักต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้า ความร้อน และเคมี แม้แต่เชื้อเพลิงในการขนส่ง อย่างไรก็ตามมันก็เป็นเรื่องยุ่งยากขาดวงจรและยังไม่น่าไว้วางใจ วัสดุต่าง ๆ มากมายที่ได้คัดเลือกและดัดแปลงสำหรับรับแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะรับพลังงานความร้อนไว้ได้ในตัวเอง เช่น แผ่นอลูมิเนียมขนาดใหญ่ เหล็ก ทองแดง คอนกรีต แก้ว และพลาสติก ต่างก็เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งหมดนี้เป็นที่ต้องการในการเปลี่ยนจากพลังงานแสงเป็นพลังงานสำเร็จรูปตามที่ต้องการ ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง และจากการลงพื้นที่สำรวจความต้องการภายในชุมชนพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีการทำอุตสาหกรรมลูกจากอบแห้ง ในส่วนของการทำลูกจากอบแห้ง นั้นต้องใช้ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้าและนำไปอบลูกจาก จึงทำให้มีต้นทุนจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากขดลวดความร้อน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง

ตู้อบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ท่อนำความร้อนที่ได้รับความร้อนมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งพิจารณาผลจากการอบแห้ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกจากหลังการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจากการอบแห้ง การทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมภายในเครื่องอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 6 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 750.58 วัตต์ต่อตารางเมตร ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 39.65 มาตรฐานแห้ง และความชื้นสุดท้ายร้อยละ 17.04 มาตรฐานแห้ง ซึ่งความชื้นจะลดลงเมื่อเวลาและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถอบแห้งได้ดี และจะเห็นผลชัดเจนเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส และเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปไม่ต้องพึ่งพาระบบไฟฟ้า ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดี (บงกช ประสิทธิ์ และสหัถยา ทองสาร, 2563)

การทำแห้งหรือการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ หลังจากหมักปลาตามระยะเวลาการหมักซึ่งแตกต่างกัน นำปลาไปล้างน้ำต้มสุกที่เย็นแล้ว เพื่อเอาเกลือออกจากนั้นนำไปตากแดด โดยมีวิธีการตากในที่โล่ง ๆ อากาศถ่ายเทได้สะดวก ปลาจะแห้งเร็ว และไม่มีแมลงวันการตากต้องไม่งอตัวปลาเพราะจะดูไม่สวยก่อนตากปลาต้องทำให้ครีบแผ่ออก ดูแล้วสวยงามระยะเวลาการตากปลาสลิดจะแตกต่างกันตามฤดูกาล คือฤดูหนาวจะใช้เวลาตากประมาณ 1-2 แดด เพราะอากาศแห้งมีลมช่วยทำให้ปลาแห้งเร็วและฤดูฝนจะใช้เวลาตากประมาณ 1.5-3 แดด การทดลองใช้ปลาสลิดเป็นวัตถุดิบภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 50–60 องศาเซลเซียส โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,029.96 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย คิดเป็นร้อยละ 56.1 โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 220 นาที กรณีที่ 2 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำ

ความร้อนไฟฟ้า พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 7,071.07 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย คิดเป็นร้อยละ 37.96 โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที กรณีที่ 3 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,980 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย คิดเป็นร้อยละ 45.38 โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที (วรานนท์ อินต๊ะธรรม วรจิต เศรษฐพรรค์ และรวิภา ยงประยูร, 2557).

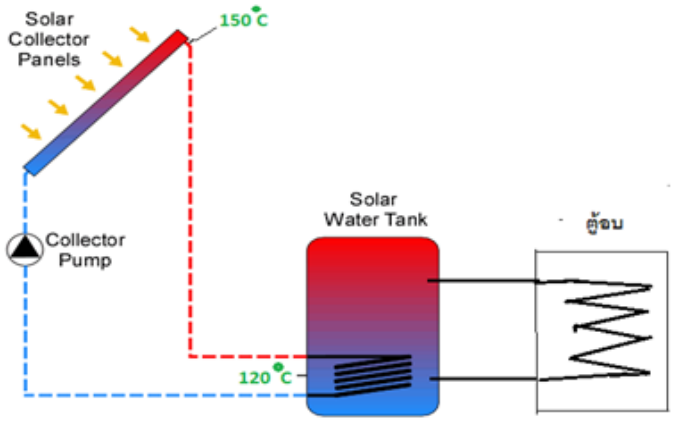
ดังนั้นผู้วิจัยเห็นความสำคัญในการสร้างรายได้ในชุมชน จากการลดเวลาและค่าใช้จ่ายจากการอบโดยวิธีดังเดิมจากการตากแดดที่ต้องใช้เวลานานหลายวัน ด้วยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้นและเป็นพลังงานหมุนเวียน โดยพลังงานแสงอาทิตย์นำมาประยุกต์เพื่อให้สามารถเพิ่มความร้อน สำหรับการอบแห้งอาหาร ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งจะทำการศึกษาอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์สำหรับการแปรรูปอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์และนำร้อนสำหรับการแปรรูปอาหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบเครื่องอบแห้งโดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์ 2) การออกแบบถังเก็บน้ำร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ 3) ออกแบบวงจรควบคุมระบบการทำงาน สำหรับการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้โดยการใช้เครื่องบันทึกข้อมูลวัดและเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและในระหว่างการทดลองจะทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

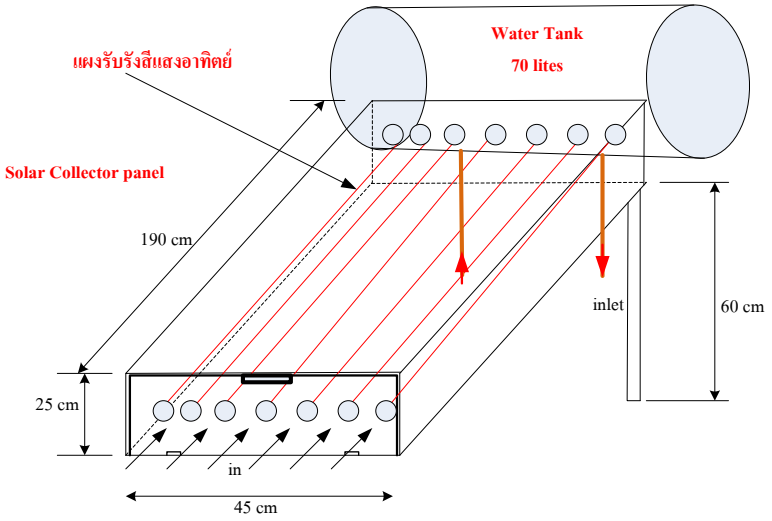
1. อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และอุณหภูมิภายในเนื้อปลา โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล (data logger)
2. ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เครื่องวัดโซล่ามิเตอร์

ส่วนการทดสอบผลของพลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและน้ำร้อน ได้มีกำหนดอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยน้ำร้อนจะถูกใช้เป็นตัวเพิ่มความร้อนให้ตู้อบแห้งช่วงที่มีแดดน้อยหรือช่วงเย็นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบการอบแห้งพลังงานความร้อนร่วม

ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มีขนาดเท่ากับ 60X90X120 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นท่อสุญญากาศประกอบด้วยหลอดแก้วชั้นนอกชนิดโดร์เนีย (downier type หรือ heat pipe evacuated tube) (Nikolayev, 2015) และท่อชั้นในทำจากโลหะทองแดงหรืออะลูมิเนียม ติดอยู่กับครีบ (fin) เคลือบด้วยสารพิเศษที่มีคุณสมบัติเลือกรังสี (selective coating) ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืน (absorber) โดยมีตัวกลาง (medium) เป็นของเหลว เช่น น้ำไหลเวียนอยู่ภายในท่อชั้นใน ช่องว่างระหว่างหลอดแก้วชั้นนอกกับท่อโลหะชั้นในเป็นสุญญากาศ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานจากการนำและการพาความร้อน (conductive และconvective heat losses) (Duffie and Beckman, 2013) ทำให้ประสิทธิภาพการแปรภาพพลังงานสูงกว่าตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบ ดังรูปที่ 2

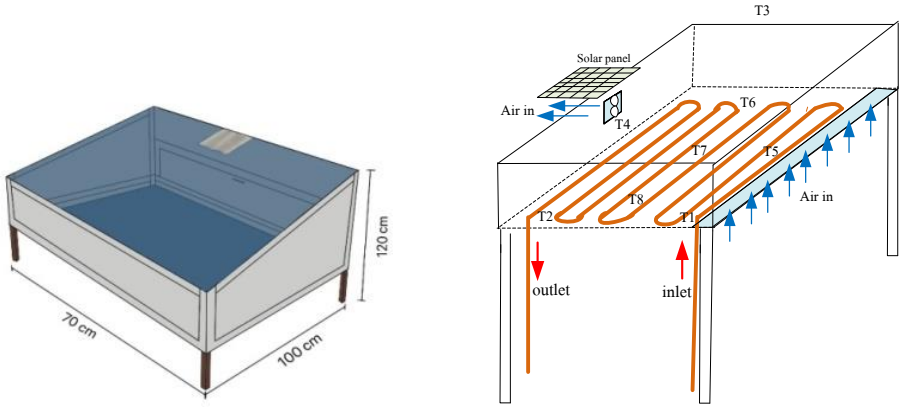


รูปที่ 2 ถังเก็บน้ำร้อนปริมาตร 70 ลิตร ด้วย Solar collector

การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมขนาดเท่ากับ 70X100X120เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 (ก) ภายในเครื่องอบแห้งเสริมด้วยท่อทองแดงสำหรับนำความร้อนจากถังน้ำร้อน มาเพิ่มความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง และเครื่องอบแห้งนี้สามารถใส่ถาดวางวัตถุดิบสำหรับแปรรูปอาหารได้ 1 ถาดติดตั้งให้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้ทำมุม 15 องศา โดยด้านรับแสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ ดังรูปที่ 3 (ข)

ตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมที่ออกแบบขาทำจากเหล็กกล้าพ่นสีและตู้อบทำจากสแตนเลส ภายนอกด้านข้างและด้านล่างหุ้มฉนวนกันร้อน ภายในตู้อบแห้งสามารถใส่ถาดอบแห้งอาหารได้ 1 ชั้น โดยมีท่อทองแดงนำความร้อนร่วมติดตั้งรวมกับแผงรับรังสีแสงดวงอาทิตย์ทำมุม 15 องศา โดยให้ด้านรับแสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ ด้านบนของตู้อบแห้งติดมอเตอร์พัดลมกระแสตรง ขนาด 2 นิ้ว เพื่อถ่ายเทอากาศภายในตู้และติดตั้งเทอร์โมสตัท แบบท่อแคปปิลารี่ (capillary thermostat) เพื่อเป็นสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งแบบอัตโนมัติ กรณีที่เปิดระบบน้ำร้อน ในการทดลองวัดอุณหภูมิ ใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูล AGILENT 34970a BENCHLINK DATA LOGGER สำหรับบันทึกค่าอุณหภูมิในการอบแห้ง โดยใช้ร่วมกับสายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเจ (type J)

การวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งดังนี้ T_1 ที่ตำแหน่งทางน้ำเข้าตู้อบแห้ง T_2 ที่ตำแหน่งทางน้ำออกตู้อบแห้ง T_3 ที่ภายนอกตู้อบแห้ง T_4 ที่ตำแหน่งถ่ายเทอากาศออก T_5 ที่ตำแหน่งอากาศเข้า T_6 ที่ตำแหน่งด้านซ้ายของตู้อบแห้ง T_7 ที่ตำแหน่งตรงกลางตู้อบแห้ง และ T_8 ที่ตำแหน่งด้านขวาของตู้อบแห้ง แสดงดังรูปที่ 3 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 3 การออกแบบตู้อบแห้ง
(ก) ต้นแบบตู้อบแห้ง และ (ข) ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

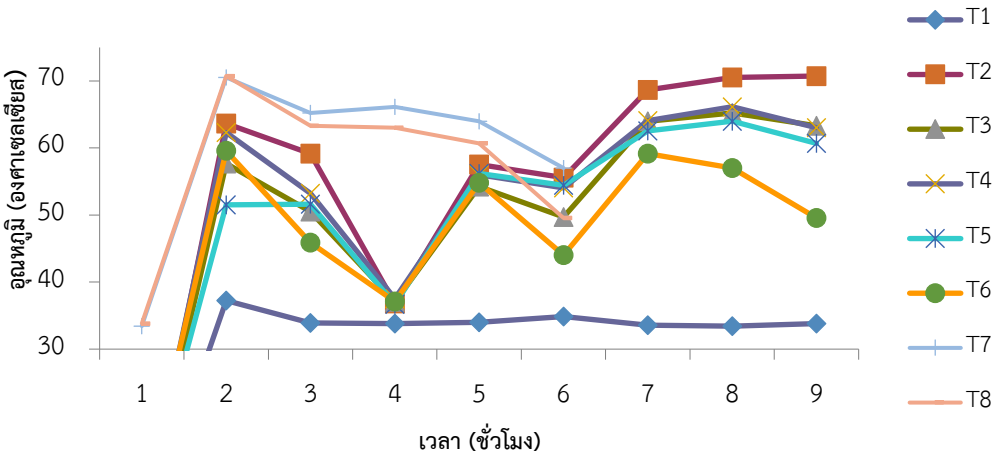
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองเก็บข้อมูลวัดอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานความร้อนร่วมที่ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง (solar radiation) และความร้อนจากถังเก็บน้ำร้อน ได้ทำการทดลองที่ชั้นดาดฟ้า อาคาร 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2564 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน และเป็นไปตามความต้องการที่จะเพิ่มความร้อนให้กับตู้อบแห้งในช่วงที่แดดน้อยหรือไม่มีแดดหรือกรณีฝนตก โดยการเปิดระบบถังน้ำร้อนอัตโนมัติตามที่ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ ดังนี้

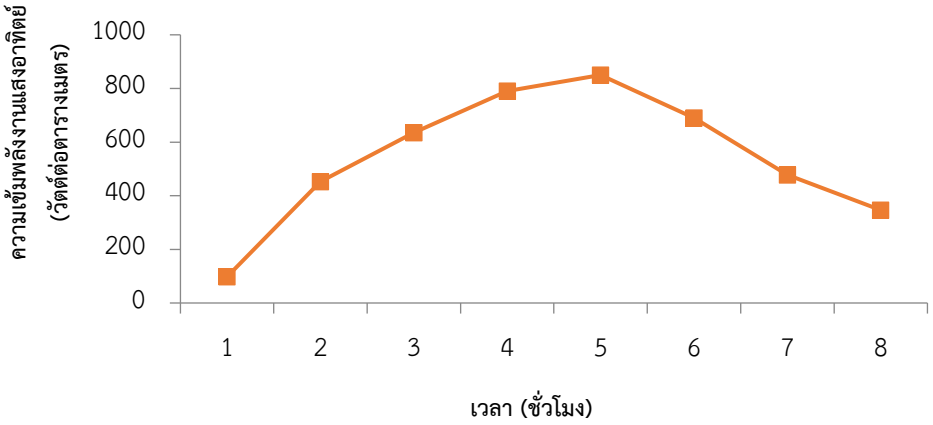
1. อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ อุณหภูมิภายในตู้อบแหง โดยใช้ data logger
2. ค่าความเข้มแสงอาทิตย์และความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการทดลองเพื่อดูผลของพลังงานจากรังสีแสงอาทิตย์นั้น ได มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห่งพลังงานแสงความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์และน้ำร้อน 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเป็นดังนี้ T_1 ที่ตำแหน่งทางน้ำเข้าตู้อบแห้ง T_2 ที่ตำแหน่งทางน้ำออกตู้อบแห้ง T_3ที่ตำแหน่งภายนอกตู้อบแห้ง T_4 ที่ตำแหน่งถ่ายเทอากาศออก T_5 ที่ตำแหน่งอากาศเข้า T_6 ที่ตำแหน่งด้านซ้ายของตู้อบแห้ง T_7 ที่ตำแหน่งตรงกลางตู้อบแห้ง และ T_8 ที่ตำแหน่งด้านขวาของตู้อบแห้ง

การอบแห้งสามารถควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งได้ โดยทำการทดลองวันที่ 4 มิถุนายน 2564 โดยอุณหภูมิเฉลี่ย 35.10 องศาเซลเซียส โดย T_1 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.51 องศาเซลเซียส T_2 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.15 องศาเซลเซียส T_3 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.26 องศาเซลเซียส T_4 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 35.02 องศาเซลเซียส T_5 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.54 องศาเซลเซียส T_6 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 35.58 องศาเซลเซียส T_7 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 39.81 องศาเซลเซียส และ T_8 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 39.68 องศาเซลเซียส และค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 514.49 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดภายในตู้อบ และค่าความเข้มแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 4 อุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และรูปที่ 5 ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ หรือสภาพอากาศ โดยสภาพอากาศในวันดังกล่าวช่วงเช้ามีฝนตก ช่วงบ่ายมีเมฆมาก และมีฝนตกช่วง 15.30 น. – 16.00 น.



รูปที่ 4 อุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ วันที่ 4 มิถุนายน 2564



รูปที่ 5 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ วันที่ 4 มิถุนายน 2564

สรุปผล

จากการศึกษาปัจจัยของการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานความร้อนร่วมรังสีแสงอาทิตย์และน้ำร้อน สามารถสรุปการวิจัยออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ที่อุณหภูมิควบคุม 50 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งที่ได้รับความร้อนมาจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์และน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำเป็น 45.10 องศาเซลเซียส อากาศภายนอกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.45 องศาเซลเซียส และความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 523.22 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิควบคุม 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้ง 6 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งที่ได้รับความร้อนมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

และน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำเป็น 54.53 องศาเซลเซียส อากาศภายนอกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 36.42 องศาเซลเซียส และความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 496.35 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิควบคุม 70 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งที่ได้รับความร้อนมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำเท่ากับ 63.67 องศาเซลเซียสอากาศภายนอกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 36.90 องศาเซลเซียส และความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 841.29 วัตต์ต่อตารางเมตร

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปผู้สนใจควรพัฒนารูปแบบการควบคุมการอบแห้งให้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลที่ดีต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ กอบัวแก้วคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีที่ให้คำแนะนำปรึกษา และที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

บงกช ประสิทธิ์ และสหัถยา ทองสาร. (2563). ศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมเซลล์แสงอาทิตย์. **การประชุมวิชาการครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.** (หน้า 514-518). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

วรานนท์ อินต๊ะธรรม วรจิต เศรษฐพรรค์ และรวิภา ยงประยูร. (2557). การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น อำเภอห้างฉัตร จังหวดลำปาง. **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7.** (หน้า 187-195). ประจวบคีรีขันธ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

อนุสรา นาดี ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. (2555). จลนพลศาสตร์การอบแห้งใบเตยด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและลมร้อน. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.** 17(2), 130-138.

Akashi, H., Polasek, F., and Stulc, P. (1996). Pulsating heat pipe, **Proceeding of the 5th International Heat Pipe Symposium,** (pp. 208-217). Australia.

Duffie, A. and Beckman, A. (2013). **Solar Engineering of Thermal Processes.** (4th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Dunn, P.D. and Reay, D.A. (1982). **Heat pipes.** (3rd ed.). United Kingdom: Pergamon press.

Nikolayev, V. (2015). **Modeling of pulsating heat pipe (PHP).** Retrieved January 12, 2022, from https://iramis.cea.fr/Pisp/vadim.nikolayev/PHP_CEA.html