

# การใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

## To Use the Solar Hot Water System Combine with Solar Drying System

pongphol รักการงาน<sup>1\*</sup> กังสดาล สกุลงพงษ์มาลี<sup>2</sup> และชลีดล อินยาศรี<sup>2</sup>  
Pongphol Rakkranane<sup>1\*</sup> Kangsadan Sagulpongmalee<sup>2</sup> and Chaleedol Inyasri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 38 หมู่ 8 ตำบลนาวิ่ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 38 หมู่ 8 ตำบลนาวิ่ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

<sup>1</sup>Division of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology  
Phetchaburi Rajabhat University 38 Mu.8 Nawung Phetchaburi 76000

<sup>2</sup>Division of Energy Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology  
Phetchaburi Rajabhat University 38 Mu.8 Nawung Phetchaburi 76000

\*Corresponding author: Tel.: 032 405502. E-mail address: pongphol.rak@mail.pbru.ac.th

Received: 1 June 2021, Revised: 20 September 2021, Accepted: 30 September 2021, Published online: 30 April 2022

### Abstract

This research aimed has designed and built a solar drying system by using heat from a solar hot water production system together with a solar energy drying system. The heat exchanger was designed for the drying system with a width of 1 m and a length of 1 m. The heat exchanger was designed with a heat exchanger area of size 1.267 in diameter and fitted with circular fins, 39 mm in diameter, using hot water from the solar water heating system as a power source. Have capacity 150 L packaging drying system, the dried product is 1.2 kg of fresh sugar. The experiment was conducted during 6.00-18.00 hr.

The heat from the dried with a non-thermal solar drying system from the solar water heating system with the amount of heat and the efficiency of the system. The maximum moisture content was 0.459 kW and 49.21% respectively. The wet standard moisture content started at 92.45% until the final moisture content was 38.3896% from 1.2 kg weight decreased to 0.53 kg and the solar hot water generating system had the highest heat and system efficiency of 4.012kW and 57.13% respectively. The wet standard humidification starts at 92.45% until the final humidity is 20.83% from weight 1.2 kg to 0.21 kg with the same initial weight and humidity. The value of the sugar cured by the auxiliary heat solar radiation drying system from the solar hot water production system was 7.92% lower than that of the auxiliary non-heat solar drying system by 17.55% and 0.32 kg, respectively.

**Keywords:** solar radiation, drying system, solar hot water, heat exchanger

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พื้นที่ขนาด กว้าง 1 m ยาว 1 m ได้ออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้กับระบบอบแห้งโดยมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนขนาด 1.267 in และติดตั้งรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39 mm ใช้น้ำร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้กับระบบอบแห้งมีความจุ 150 L ผลลัพธ์ที่อบแห้งเป็นผลตาลสดปริมาณ 1.2 kg ได้ทำการทดลองในช่วงเวลา 6:00 – 18:00 น.

จากการทดสอบพบว่าการอบด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีปริมาณความร้อนและประสิทธิภาพของระบบสูงสุดเท่ากับ 0.459 kW และ 49.21% ตามลำดับ ค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นที่ 92.45% จนเหลือความชื้นสุดท้าย 38.38% จากน้ำหนัก 1.2 kg ลดเหลือ 0.53 kg และการอบแห้งผลตาลด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีปริมาณความร้อนและประสิทธิภาพของระบบสูงสุดเท่ากับ 4.012 kW และ 57.13% ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองมีค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นที่ 92.45% จนความชื้นสุดท้าย 20.83% จากน้ำหนัก 1.2 kg เหลือ 0.21 kg โดยมีน้ำหนักและค่าความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นและน้ำหนักของผลตาลที่อบด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนเสริมจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีค่าลดลงมากกว่าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ใช้ความร้อนเสริมถึง 17.55% และ 0.32 kg ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

## บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรูปแบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในการใช้งาน ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับการตากแดด สามารถช่วยลดปัญหา การปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น และยังช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งอีกด้วย [1] ความร้อนที่ได้จากพลังงานรังสีอาทิตย์จะสูญเสียสู่สิ่งแวดล้อมค่อนข้างมาก ทำให้ประสิทธิภาพของการตากแห้งต่ำ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการตากแดดมักถูกรบกวนจากแมลงและสัตว์ต่าง ๆ หรือได้รับความเสียหายจากการเปียกฝน แต่เป็นที่ทราบกันดีว่ากระบวนการอบแห้งใช้พลังงานค่อนข้างสูง และการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มีข้อจำกัดที่สำคัญคือเรื่องเวลา คือความเข้มแสงอาทิตย์จะน้อยลงตามเวลาไปจนถึงไม่มีแสงอาทิตย์ [2] พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ขึ้นอยู่กับเวลา การเพิ่มประสิทธิภาพให้การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงต้องมีการกักเก็บพลังงานหรือการผลิตพลังงานในรูปแบบอื่นนอกเหนือจากอากาศ ในการตั้งสมมติฐานจะเห็นว่าน้ำมีคุณสมบัติในการสะสมความร้อนได้ดีกว่าอากาศเป็นอย่างมาก

จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยการศึกษาสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ความร้อนร่วมกับน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะเพื่อใช้ในการอบแห้ง โดยที่น้ำร้อนสามารถอุณหภูมิที่เหมาะสมและใช้เป็นตัวกลางในการเก็บรักษาความร้อนได้ จะได้พลังงานในรูปแบบของความร้อนแฝงไปใช้ประโยชน์ในช่วงเวลาที่ไม่สามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ เป็นการลดข้อจำกัดเรื่องเวลาในการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และยังเป็นการประหยัดพลังงานในการอบแห้ง

ทฤษฎีการอบแห้ง [2] การอบแห้ง คือกระบวนการลดความชื้น โดยส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ขึ้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้อาศัยความร้อน ที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยปกติจะใช้ความชื้นเป็นตัวบ่งบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุซึ่งสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis)  $M_W$  ความชื้นมาตรฐานเปียกจะแสดงของน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ต่อน้ำหนักรวมของวัสดุโดยปกติจะแสดงอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์

$$M_W = \frac{W - D}{W} \times 100 \quad (1)$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis)  $M_D$  ความชื้นมาตรฐานแห้ง เป็นการเทียบปริมาณความชื้นกับของแข็งเท่านั้น ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งจะใช้ในงานวิจัยทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ เนื่องจากขนาดของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลง ในระหว่างการอบแห้งดังนั้นจึงง่ายในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนขึ้นความชื้นมาตรฐาน

$$M_D = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ  $W$  คือ มวลของวัสดุ (kg)

$D$  คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

$M_W$  คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)

$M_D$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)

โดยทั่วไปการอบแห้งวัสดุสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤติที่ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่มาก เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้ง และอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤติเมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุน้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิว ของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวจึง จะระเหยไปกับอากาศ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [3-4] การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลผลิตโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อ ระเหยน้ำออกจากผลผลิตซึ่งอาศัยการพาความร้อน สามารถแบ่งการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนได้เป็น 2 แบบ คือ แบบการพาความร้อนตามธรรมชาติซึ่งอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อนและแบบการพาความร้อนแบบบังคับ อากาศ ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลผลิต การอบแห้งระบบความร้อนผสมผสาน [5] คือระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งและยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ช่วยในการอบแห้งในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ เพื่อต้องการให้ผลผลิตทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากพลังงานชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย ในการนำความร้อนมาใช้ในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

โดยการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถหาได้จากสัดส่วนของพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหย กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ระบบ ดังสมการ

$$\eta = \frac{Q}{I_T A} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ  $\eta$  คือ ประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (%)

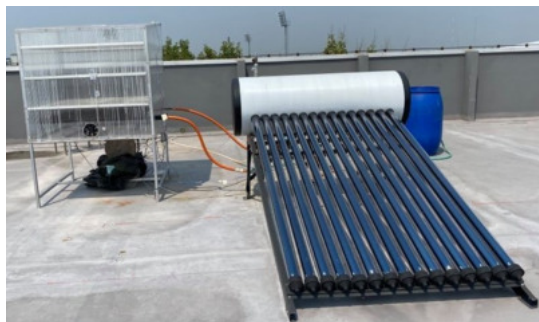
$Q$  คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$I_T$  คือ ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ย (W/m<sup>2</sup>)

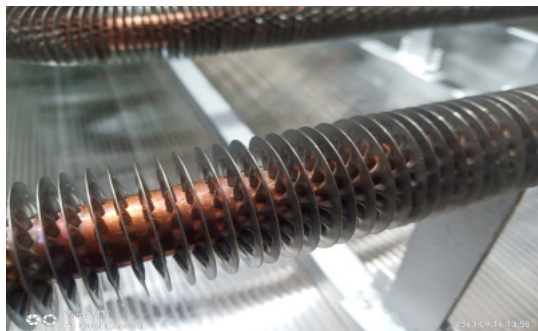
$A$  คือ พื้นที่ที่รับรังสีอาทิตย์ (m<sup>2</sup>)

### วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาด กว้าง 1 m ยาว 1 m และสูง 1.6 m ซึ่งประกอบด้วยชั้นวางผลิตภัณฑ์ 3 ชั้น โดยระบบอบแห้งใช้พลังงานร่วมจากแหล่งความร้อน 2 แหล่ง คือใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนหลักและความร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ ขนาด 150 L ผ่านท่อน้ำร้อนที่ติดตั้งครีบอลูมิเนียมเพื่อเพิ่มผิวสัมผัสในการถ่ายเทความร้อน ตามรายละเอียดดังนี้

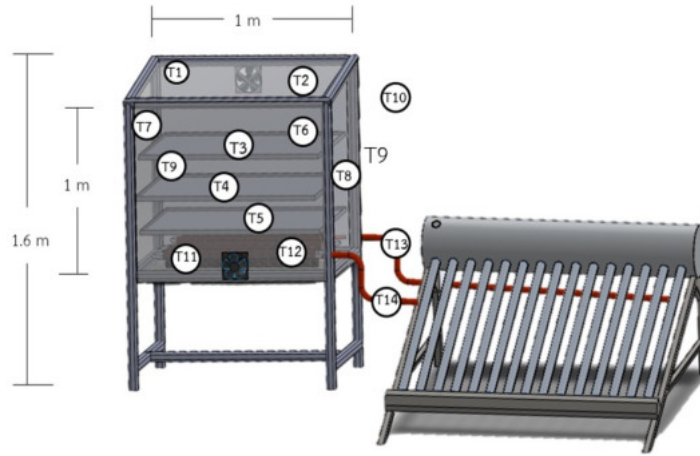


ภาพที่ 1 ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2 ครีบน้ำร้อนอลูมิเนียม

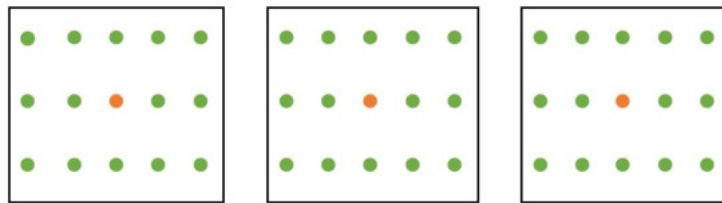
โดยในการทดลองจะติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถติดตั้งได้ตามจุดดังต่อไปนี้ โดยมาจากด้านบนของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3 จุดวัดอุณหภูมิการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

- |   |  |
|---|--|
| T1 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านนอก (บน)   | T2 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านใน (บน)   |
| T3 อุณหภูมิชั้นบน                         | T4 อุณหภูมิชั้นกลาง                      |
| T5 อุณหภูมิชั้นล่าง                       | T6 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตนอก (ประตู)   |
| T7 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านนอก (ซ้าย) | T8 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านนอก (ขวา) |
| T9 อุณหภูมิผิวโพลีคาร์บอเนตด้านหน้า       | T10 อุณหภูมิสภาพแวดล้อม                  |
| T11 อุณหภูมิผิวท่อทองแดง                  | T12 อุณหภูมิผิวครีป                      |
| T13 อุณหภูมิน้ำเข้าระบบ                   | T14 อุณหภูมิน้ำออกระบบ                   |

โดยทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล type (Thermocouple type K) ใช้ในการวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอก และทำการเก็บข้อมูลโดยใช้ (Data logger) ยี่ห้อ Omron รุ่น ZR-ZX25 โดยในการทดลองเลือกใช้ผลตาลวางบนถาด 3 ถาด วาง 3 ชั้น ในพื้นที่ 1 m<sup>2</sup> เป็นวัตถุประสงค์ในการอบแห้ง ค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นของลูกตาลอยู่ที่ 92.45% และทำการอบแห้งตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในช่วงเวลาของการอบแห้งจะนำตัวอย่าง ออกมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าความชื้นมาตรฐานแห้งโดยวางตำแหน่งที่กระจายทั่วทั้งระบบเพื่อนำมาหาค่าความชื้นมาตรฐานทั่วทั้งพื้นที่ในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ดังรูป



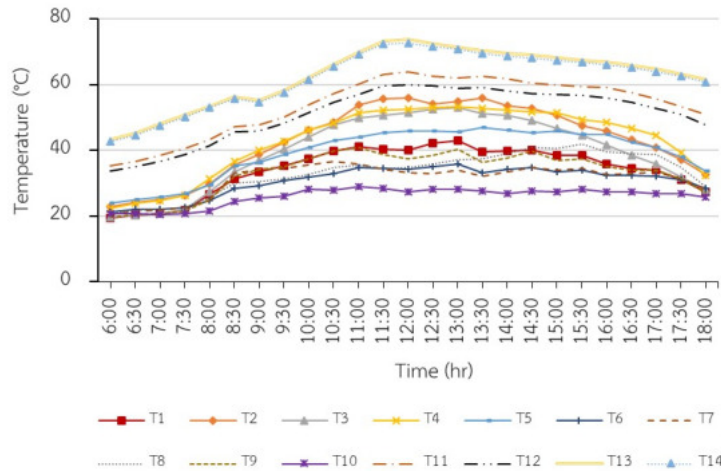
ภาพที่ 4 ตำแหน่งการวางลูกตาลในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

## ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและออกแบบระบบการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการทดลองเก็บค่าต่าง ๆ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ของระบบการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

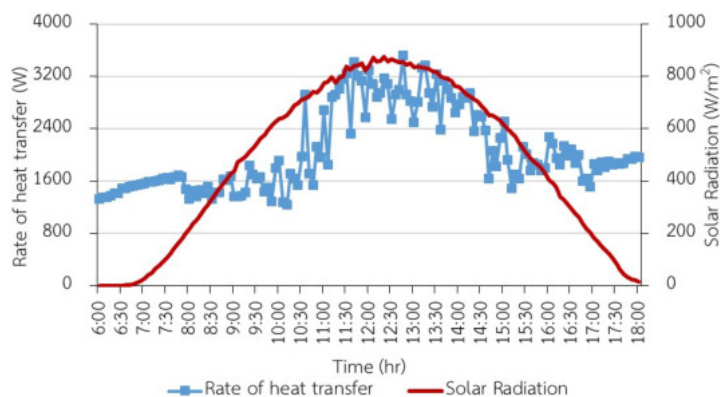
1. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาและพัฒนาการใช้ความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ได้ทำการเก็บค่าอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาในช่วงต้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



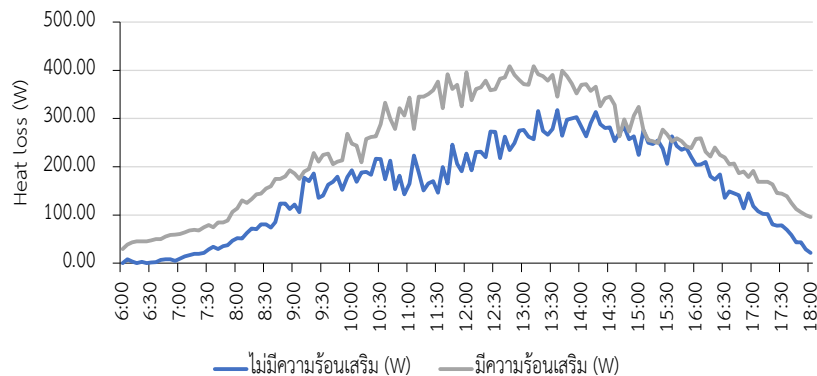
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในระบบของการพาความร้อนแบบบังคับร่วมกับระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในแต่ละจุดต่อช่วงเวลา จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิมิวนที่ทองแดงซึ่งถ่ายเทความร้อนให้กับครีบอลูมิเนียม โดยการพาความร้อนแบบบังคับ  $63.4^{\circ}\text{C}$  และ  $60^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับซึ่งแปรผันตามค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ ซึ่งช่วงเวลาที่ให้ปริมาณความร้อนสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 11:40 – 13:00 น. โดยมีค่าปริมาณความร้อนสูงสุดเท่ากับ  $3.5\text{ kW}$  รายละเอียดดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของปริมาณความร้อนที่แปรผันตามเวลาและค่ารังสีอาทิตย์

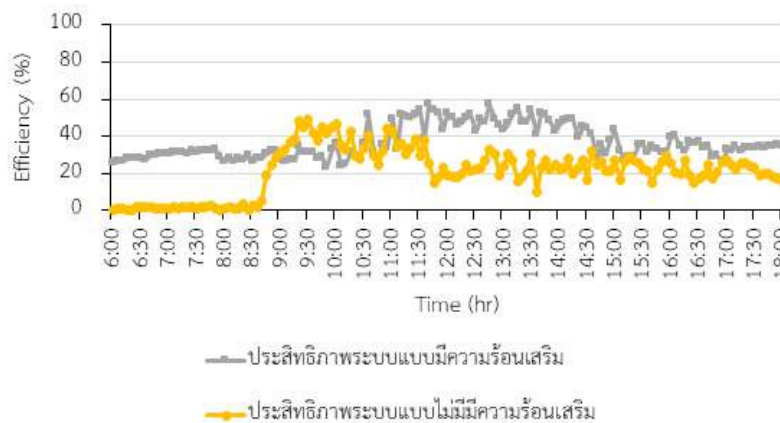
## 2. ความสัมพันธ์ของการสูญเสียความร้อนเมื่อเทียบกับเวลา



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปยังบรรยากาศภายนอก

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเทียบกับเวลา โดยการสูญเสียความร้อนเกิดจากการที่อุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความร้อนเสริมสูงขึ้น จึงทำให้ความร้อนถูกถ่ายเทไปยังด้านนอกโดยมีทั้งการนำความร้อน การพาความร้อน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสูญเสียจากระบบอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากการพาความร้อนแบบบังคับโดยใช้พัดลม จึงทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับอุณหภูมิด้านนอกซึ่งปริมาณความร้อนสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 408 W

## 3. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



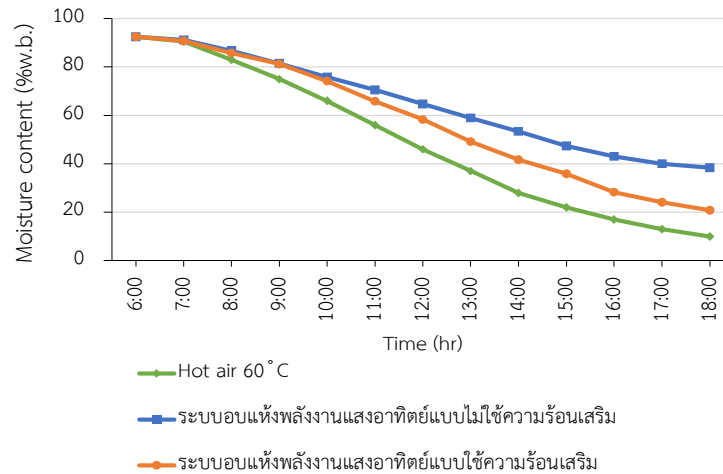
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ประสิทธิภาพของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนเสริม และไม่ใช่ความร้อนเสริมเทียบกับเวลา โดยเมื่อเทียบประสิทธิภาพเฉลี่ยของทั้ง 2 ระบบแล้วแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพสูงสุดของระบบอบแห้งแบบไม่ใช่ความร้อนเสริม และแบบใช้ความร้อนเสริมมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ 36.32% และ 21.03% ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15.29% ซึ่งถ้าสังเกตที่ประสิทธิภาพจะเห็นได้ว่าระบบที่ไม่ใช้ความร้อนเสริมจะ

มีช่วงที่มีค่าสูงสุดเพียงช่วงเวลาเดียวเท่านั้น แต่หากวิเคราะห์ที่ระบบรวมจะเห็นได้ว่ามีประสิทธิภาพที่ดีทุกช่วงเวลาตลอดทั้งวัน

#### 4. ปริมาณความชื้นที่ลดลงจากระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการทดลองเปรียบเทียบความชื้นของผลตาล โดยที่กำหนดอุณหภูมิในการอบแห้งจากตู้อบไฟฟ้าอยู่ที่ 60 °C เพื่อให้เท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของความชื้นโดยการพาความร้อนแบบบังคับของการอบแห้งผลตาล

จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นจากการพาความร้อนแบบบังคับ โดยมีระบบความร้อนเสริมจากความร้อนที่ได้จากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นมาตรฐานเปียกของผลตาลมีค่าเริ่มต้นอยู่ที่ 92.5% และทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมง โดยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และแบบที่มีความร้อนเสริม มีความชื้นสุดท้ายที่ 38.38% และ 20.83% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นและน้ำหนักของผลตาลที่อบด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าลดลงมากกว่าระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ใช้ความร้อนเสริมถึง 17.55% และ 0.32 kg ตามลำดับ โดยจากน้ำหนัก 1.2 kg เหลือ 0.21 kg

### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและทดลองพบว่า อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่ารังสีอาทิตย์เป็นอย่างมาก ยิ่งค่ารังสีอาทิตย์สูง อุณหภูมิก็สูงขึ้นตามเช่นเดียวกัน โดยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนเสริมจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณความร้อนในระบบสูงสุดเท่ากับ 0.459 kW ซึ่งระบบผลิตความร้อนจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริมให้กับระบบอบแห้ง โดยสามารถผลิตความร้อนได้ 483.59 kJ โดยระบบดังกล่าวขึ้นเพื่อต้องการให้อุณหภูมิภายในระบบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ต้องการคือ 62 °C และปริมาณความร้อนและประสิทธิภาพของระบบสูงสุดเท่ากับ 4.012 kW และ 57.13% ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองอบผลตาลด้วยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนมีค่าความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้นที่ 92.45% จนความชื้นสุดท้าย 20.83% จากน้ำหนัก 1.2 kg เหลือ 0.21 kg โดยมีน้ำหนักและค่าความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน



## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ หน่วยวิจัยและประยุกต์พลังงานทดแทน สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และ ฝ่ายพัฒนาท้องถิ่นและบริการวิชาการ สถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้การส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และ สมบัติ ทีฆทรัพย์. (2556). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติ และชนิดพาความร้อนแบบบังคับ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 7 (1), 23-31.
- [2] เสริม จันทร์ฉาย. (2560). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์, นครปฐม:หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร
- [3] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2549). การพัฒนาสาคิระบบอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้ และเครื่องจักรสาน (สำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้), รายงานวิจัย, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ร่วมกับ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] เสริม จันทร์ฉาย. (2547). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, รายงานวิจัยการพัฒนา สาคิและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางการเกษตร กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, หน้า 11 – 14.
- [5] สุรัชย์ ณรัฐ จันทร์ศรี. (2560). การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 12 (1) เดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ.2560.
- [6] วสันต์ จินธาดา บัญญัติ นิยมवास และอนก ไทยกุล. (2561). การทดลองศึกษาสภาวะการอบแห้งปลาของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิด้วยการเปิด-ปิดช่องระบายอากาศ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 28 (3), 525-536.
- [7] A. Zomirodian and M. Zamanian (2012). Designing and evaluating an innovative solar air collector with transpired absorber and cover. ISRN renewable energy, pp. 1-5
- [8] D. E. Ogheneruona and M. O. L. Yusuf (2011). Design and fabrication of a direct natural convection solar dryer for tapioca. Leonardo electronic journal of practices and technologies, vol. 18, pp. 95-104.
- [9] A. A. Hassanain (2009). Simple solar drying system for banana fruit. World journal of agricultural sciences, vol. 5 (4), pp. 446-455
- [10] สมลักษณ์ บุตโต. (2559). เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2562, จาก <https://silo.tips/download/7exchangers>.