

**เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกร่วมกับ
แอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์ สำหรับอบแห้งกล้วยน้ำว้า
GREENHOUSE SOLAR DRYER WITH LPG GAS BURNER
FOR DRYING BANANAS**

จักรพรรณ์ ผิวสอาด

Jagrapan Piwsaoad

บทคัดย่อ

ในงานนี้นำเสนอผลการทดลองของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งกล้วยน้ำว้า เครื่องอบแห้งประกอบด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดคลุมบนพื้นคอนกรีต เครื่องอบแห้งมีความกว้าง 9 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 4 เมตร มีพัดลม DC 15 วัตต์ จำนวน 9 ตัว ให้พลังงานโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ 50 วัตต์ 2 ตัว เพื่อระบายอากาศในเครื่องอบแห้ง ใช้แอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ การตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าโดยทำการทดลอง 10 ชุดการทดลอง การทดลองแต่ละชุดใช้กล้วยน้ำว้า 1,000 กิโลกรัม ในเครื่องอบแห้ง ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีการแปรค่าตั้งแต่ 27 องศาเซลเซียส ถึง 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้เวลาในการอบแห้งกล้วยน้ำว้า คือ 5 วันเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ 10 วัน ที่ต้องใช้ในการอบแห้งกล้วยน้ำว้า กล้วยน้ำว้าอบแห้งในเครื่องอบแห้งได้รับการปกป้องอย่างสมบูรณ์จากฝนและกล้วยน้ำว้าที่ได้มีคุณภาพสูง

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก แอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์ กล้วยน้ำว้า

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000

Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Muang District, Loei Province 42000

corresponding author e-mail: Jagrapan25@gmail.com

Received: 14 September 2022; Revised: 10 November 2022; Accepted: 10 November 2022

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2023.6>

Abstract

This work presents the experimental performance of a greenhouse solar dryer for drying bananas. The dryer consists of a polycarbonate sheet covered on a concrete floor. The dryer is 9 m in width, 24 m in length and 4 m in height. Nine 15-W DC fans powered by two 50-W PV modules were used to ventilate the dryer. Use an LPG gas burner to increase the temperature. For performance investigation, the dryer was used to dry ten batches of bananas. For each batch, 1,000 kilograms of bananas were dried in the dryer. Results obtained from the experiments showed that drying temperatures varied from 27°C to 55°C. In addition, the drying time for drying bananas was 5 days, compared to the 10 days required for natural sun drying. Bananas dried in the dryer were completely protected from rain and high-quality bananas were obtained.

Keywords: Greenhouse Solar Dryer, LPG Gas Bruner, Banana

บทนำ

ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมเป็นฤดูฝนของประเทศไทย และสถานการณ์ของการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 (Covid-19) ก็ยังคงพบผู้ติดเชื้อรายวันเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้คนที่มีความหนาแน่นได้ รวมถึงการค้าขาย แต่ในขณะที่ผลิตผลทางการเกษตรถึงเวลาเก็บเกี่ยวแต่ไม่สามารถนำออกมาจำหน่ายได้ส่งผลเสียต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หลากหลายประเภท (Janjai et al., 2008; Janjai et al., 2009) แต่พบว่าเครื่องอบแห้งมีรูปแบบและขนาดที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น งานวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (Piwsaoad, 2021) และจากสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 (Covid-19) ยังคงพบผู้ติดเชื้อรายวันเป็นจำนวนมาก สมุนไพรที่นิยมนำมารับประทานได้แก่สมุนไพรฟ้าทะลายโจร ผู้วิจัยได้ทำวิจัยการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร (Piwsaoad & Phusampao, 2022) และยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สแอลพีจี (Janjai & Mahayothee, 2016) ผลของการอบแห้งพบว่าผลผลิตที่ผ่านการอบแห้งมีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของตลาดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผู้วิจัยสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกขนาดใหญ่ เป็นเครื่องอบมีขนาดที่ใหญ่สามารถอบ

ผลผลิตได้ทีละมาก ๆ ถ้าเกษตรกรที่มีผลผลิตน้อย ๆ ก็สามารถรวมกันอบหลาย ๆ คนพร้อมกันได้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถตอบสนองความต้องการในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรในช่วงเวลาวิกฤติ (เกิดการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 (Covid-19)) เช่นนี้ได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอที่ทำการทดลองอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร โดยเลือกผลผลิตทางการเกษตรเป็นกล้วยน้ำว้าในพื้นที่จังหวัดเลย เนื่องจากในช่วงที่ทำการทดลองเกษตรกรไม่สามารถออกมาจำหน่ายกล้วยน้ำว้าได้ ทำให้เกิดการเน่าเสียและไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อเกษตรกร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มมูลค่าของกล้วยน้ำว้า โดยทำการอบแห้ง และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งของเครื่องอบแห้งดังกล่าว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การติดตั้งเครื่องมือการทดลอง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกขนาดใหญ่ ติดตั้งที่บ้านผาอินทร์แปลง ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย ดังแสดงในภาพที่ 1 (Figure 1)



Figure 1 Greenhouse solar dryer

เครื่องอบแห้งมีลักษณะเป็นหลังคารูปโค้งซึ่งปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต และติดตั้งบนพื้นคอนกรีต เครื่องอบแห้งดังกล่าวมีความกว้าง 9 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 4 เมตร ติดตั้งพัดลมขนาด 15 วัตต์ จำนวน 9 ตัว ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ 2 ตัว สำหรับใช้ระบายอากาศ ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้ง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งชุดแอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์ 1 ชุด พร้อมกับท่อระบายความร้อนขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ยาว 20 เมตร ขนาดช่องระบายความร้อน กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 (Figure 2)

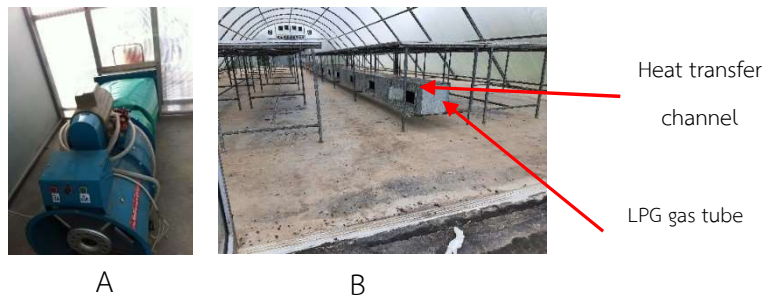


Figure 2 (A) LPG gas burner; (B) LPG gas tube

กล้วยน้ำว้าอบแห้งในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ดังแสดงในภาพที่ 3 (Figure 3)

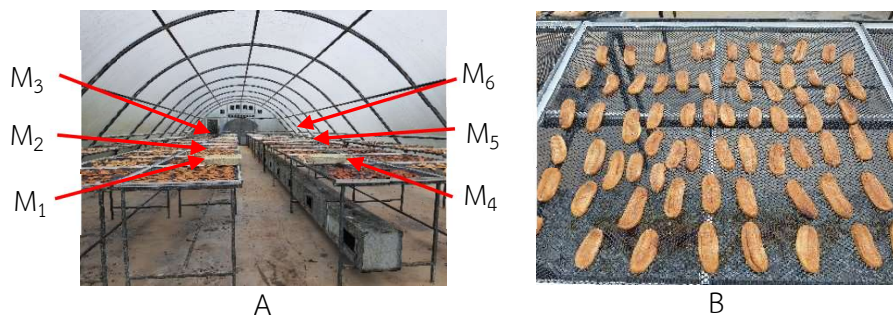


Figure 3 (A) Bananas drying; (B) Bananas after drying

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เครื่องวัดความเข้มรังสีอาทิตย์ (pyranometer) แบบเทอร์โมไพล์ (thermopile) (ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CMP3 ประเทศสหรัฐอเมริกา) มีความถูกต้อง (accuracy) ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ สายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (K-type thermocouple) (ยี่ห้อ APPA รุ่น APPA 55 ประเทศไต้หวัน) มีความถูกต้อง (accuracy) ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้ง เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (hygrometer) (ยี่ห้อ Testo รุ่น 635 ประเทศเยอรมนี) มีความถูกต้อง (accuracy) ± 2.00 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (ยี่ห้อ TANITA รุ่น KD-200 ประเทศญี่ปุ่น) มีความถูกต้อง (accuracy) ± 1 เปอร์เซ็นต์ ตู้อบไฟฟ้า (ยี่ห้อ Memmert GMBH รุ่น ULE500 ประเทศญี่ปุ่น) มีความถูกต้อง (accuracy) ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับหามวลแห้งของกล้วยน้ำว้า การทดลองเริ่มจากชั่งมวลเริ่มต้นของกล้วยน้ำว้า ที่ต้องการอบแห้ง และมวลของกล้วยน้ำว้าตัวอย่าง (sample) เตรียมเข้าเครื่องอบแห้ง 6 ตะกร้า ๆ ละ 200 กรัม นำไปวางบนตะแกรงในเครื่องอบแห้ง โดยตำแหน่ง

ที่ 1 วางบนตะแกรงด้านหน้าซ้ายของเครื่องอบแห้ง ให้เป็นสัญลักษณ์ M_1 ตำแหน่งที่ 2 วางบนตะแกรงตรงกลางด้านซ้ายของเครื่องอบแห้ง ให้เป็นสัญลักษณ์ M_2 ตำแหน่งที่ 3 วางบนตะแกรงด้านหลังซ้ายของเครื่องอบแห้ง ให้เป็นสัญลักษณ์ M_3 ตำแหน่งที่ 4 วางบนตะแกรงด้านหน้าขวาของเครื่องอบแห้ง ให้เป็นสัญลักษณ์ M_4 ตำแหน่งที่ 5 วางบนตะแกรงตรงกลางด้านขวาของเครื่องอบแห้ง ให้เป็นสัญลักษณ์ M_5 ตำแหน่งที่ 6 วางบนตะแกรงด้านหลังขวาของเครื่องอบแห้ง ให้เป็นสัญลักษณ์ M_6 และตัวอย่างอีก 1 ตะกร้าวางนอกเครื่องอบแห้งจากนั้นทำการชั่งมวลของตัวอย่างทั้งที่อยู่ในเครื่องอบแห้งและที่อยู่ด้านนอกเครื่องอบแห้งทุก ๆ 1 ชั่วโมง ส่วนความเข้มข้นของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ทำการวัดทุก ๆ 10 นาที ทำการวัดจนกว่าปริมาณความชื้นกล้วยน้ำว้าจะลดลงจนคงที่ จากนั้นนำกล้วยน้ำว้าตัวอย่างทั้ง 7 ตะกร้าไปอบในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง ในงานวิจัยนี้ทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้า ทั้งหมด 10 ชุดการทดลอง ใช้กล้วยน้ำว้า ชุดการทดลองละ 1,000 กิโลกรัม หาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์จะใช้สมการ (Piwsaoad, 2019)

$$M_{(w)} = \frac{m_{(t)} - m_{(d)}}{m_{(0)}} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ $M_{(w)}$ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียกที่เวลาใด ๆ, [เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก]
 $m_{(t)}$ คือ มวลของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใด ๆ, [กิโลกรัม]
 $m_{(d)}$ คือ มวลแห้งของผลิตภัณฑ์, [กิโลกรัม]
 $m_{(0)}$ คือ มวลเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์, [กิโลกรัม]

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกับเวลา อุณหภูมิของอากาศในเครื่องอบแห้งกับเวลา และปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้ากับเวลา

2. การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การหาค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้ง มีขั้นตอนการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 หาราคาในการก่อสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (total capital cost; บาท) C_T

$$C_T = C_m + C_l \quad (2)$$

2.2 ค่าใช้จ่ายรายปี C_m คือค่าวัสดุ (material cost; บาท) ของเครื่องอบแห้ง และ C_l คือค่าแรงในการก่อสร้าง

$$C_{annual} = \left[C_T + \sum_{i=1}^N (C_{maint,i} + C_{op,i}) w^i \right] \left[\frac{w-1}{w(w^N-1)} \right] \quad (3)$$

เมื่อ C_{annual} คือ ค่าใช้จ่ายรายปี (annual cost; บาท) ของระบบอบแห้ง $C_{maint,i}$ และ $C_{op,i}$ คือ ค่าบำรุงรักษา (maintenance cost; บาท) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (operating cost at the year i ; บาท) และ w เขียนได้เป็น

$$w = (100 + i_{in}) / (100 + i_f) \quad (4)$$

เมื่อ i_{in} และ i_f คืออัตราดอกเบี้ย (interest rate) และ อัตราเงินเฟ้อ (inflation rate)

3. ค่าใช้จ่ายรายปีต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์อบแห้งเรียกว่า drying cost (Z , บาท/กิโลกรัม)

$$Z = \frac{C_{annual}}{M_d} \quad (5)$$

เมื่อ M_d คือผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้งตลอดทั้งปี (กิโลกรัม)

4. หาระยะเวลาคืนทุน

$$\text{Payback period} = \frac{C_T}{M_d P_d - M_f P_f - M_d Z} \quad (6)$$

เมื่อ M_d คือผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากเครื่องอบแห้งตลอดทั้งปี (กิโลกรัม) M_f คือผลิตภัณฑ์สดที่ใช้ในการอบแห้งอบแห้งตลอดทั้งปี (กิโลกรัม) P_d คือราคาของผลิตภัณฑ์แห้ง (บาท/กิโลกรัม) และ P_f คือราคาของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้ง (บาท/กิโลกรัม) (Piwsaoad & Phusampao, 2021)

3. การวัดสีกล้วยน้ำว้า

วัดสีของกล้วยน้ำว้าอบแห้งด้วยเครื่องโครโมมิเตอร์ โดยมีค่า L^* , a^* และ b^* แทน ความสว่าง (0 ถึง 100) สีเขียวถึงสีแดง (− 60 ถึง + 60) และจากสีน้ำเงินถึงสีเหลือง (− 60 ถึง + 60) ตามลำดับ จากระบบสีที่มีอยู่ห้าระบบ เลือกระบบ $L^*a^*b^*$ และ L^*C^*h เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้มากที่สุดในการประเมินสีของวัสดุอาหารแห้ง ทำการอ่านค่าสามครั้งในแต่ละครั้งวางบนพื้นผิวของตัวอย่าง จากนั้นนำค่า L^* , a^* และ b^* มาหาค่าเฉลี่ย พารามิเตอร์สีต่าง ๆ คำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$h = \begin{cases} \tan^{-1}(b^* / a^*) & (\text{when } a^* > 0) \\ 180^\circ + \tan^{-1}(b^* / a^*) & (\text{when } a^* < 0) \end{cases} \quad (7)$$

เมื่อ C^* คำนวณโดยใช้สมการ

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (8)$$

ผลการวิจัย

1. ผลของการอบแห้ง

ผลการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งกล้วยน้ำว้า ได้แก่ ความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4-7 (Figure 4-7)

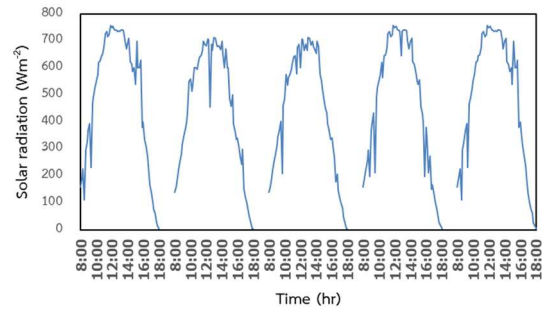


Figure 4 Solar radiation

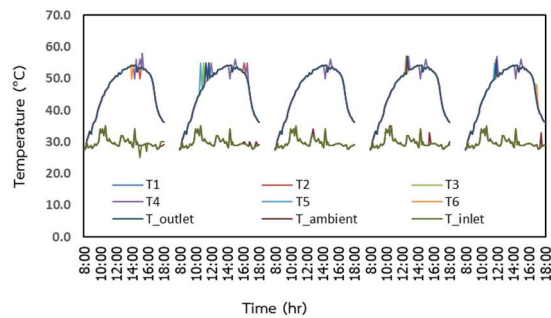


Figure 5 Temperature

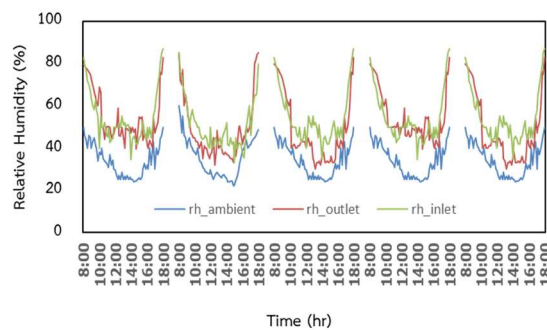


Figure 6 Relative humidity

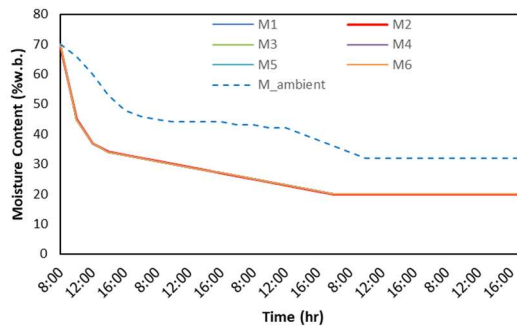


Figure 7 Moisture content

ผลการทดลองพบว่าความชื้นรังสีอาทิตย์มีค่าตั้งแต่ 20 วัดต่อตารางเมตร ถึง 750 วัดต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 (Figure 4) อุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งมีค่าตั้งแต่ 27 องศาเซลเซียส ถึง 55 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 5 (Figure 5) ในแต่ละครั้งมีการทดสอบหาปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน เก็บค่าเมื่อสิ้นสุดการอบแห้ง โดยจะใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำมากเนื่องจากมีฝนตกเท่านั้น จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี ได้จากการทดสอบจะมีค่าที่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี อยู่ที่ 5.5 กิโลกรัม ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ ถึง 87 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 6 (Figure 6) และปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้ามีค่าเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ลดลงเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ในเวลา 5 วัน ดังแสดงในภาพที่ 7 (Figure 7) โดยทั่วไปอัตราการแห้งของผลผลิตการเกษตรจะแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (constant-rate regime) ซึ่งเป็นช่วงแรกของการอบแห้ง และช่วงอัตราการแห้งลดลง (falling-rate regime) ซึ่งต่อจากช่วงแรก ในช่วงอัตราการแห้งคงที่การระเหยของน้ำจะเกิดที่ผิวของผลผลิต ลักษณะการระเหยจะคล้ายกับการระเหยน้ำจากภาชนะ

2. ผลการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการอบแห้งกล้วยน้ำว้าโดยเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าแบบเรือนกระจก จะเป็นปริมาณที่บอกความคุ้มค่าหรือจุดคุ้มทุนในการอบแห้ง จำเป็นต้องทราบตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ค่าแรงงาน ค่าวัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนต้องทราบราคาของกล้วยน้ำว้าและกล้วยน้ำว้าอบแห้ง ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ ประกอบด้วยชุดแก๊สแอลพีจี 73,040 บาท ราคากล้วยน้ำว้า 20 บาท/กิโลกรัม ราคากล้วยน้ำว้าอบแห้ง 80 บาท/กิโลกรัม อัตราดอกเบี้ย 1.0 เปอร์เซ็นต์ อัตราเงินเฟ้อ 5.5 เปอร์เซ็นต์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย ข้อมูลเดือนพฤษภาคม 2565) อายุการใช้งานของเครื่อง 15 ปี ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 8 (Figure 8)

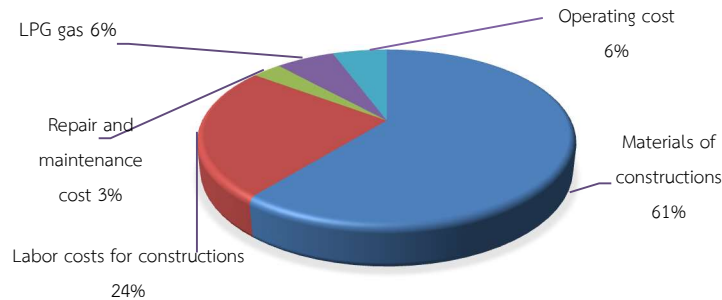


Figure 8 Economics Parameters

เมื่อคำนวณแล้วพบว่าในการก่อสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก มีพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ค่าวัสดุในการก่อสร้าง 61 เปอร์เซ็นต์ ค่าแรงงานในการก่อสร้าง 24 เปอร์เซ็นต์ ค่าชุดแก๊สแอลพีจี 6 เปอร์เซ็นต์ ค่าต้นทุนในการดำเนินการ 6 เปอร์เซ็นต์ และค่าซ่อมและบำรุงรักษา 3 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 1 ปี ความจุของเครื่องอบแห้งสามารถอบกล้วยน้ำว้าได้ครั้งละ 100 ถาด (ตะแกรง) ในแต่ละถาดใช้กล้วยน้ำว้า 10 กิโลกรัม ต้องใช้กล้วยน้ำว้าสดในการอบแห้ง M_f เท่ากับ 48,000 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงิน 960,000 บาท ในการทดลองต้องทำให้กล้วยน้ำว้าแห้งที่สุดคือไม่มีความชื้น แต่ในความเป็นจริงกล้วยน้ำว้าที่จะส่งจำหน่ายจะต้องมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ เพื่อไม่ให้กล้วยน้ำว้าอบแห้งแข็งเกินไป จึงทำให้ได้กล้วยน้ำว้าสดในการอบแห้ง M_d เท่ากับ 16,800 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงิน 1,344,000 บาท

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด C_m เท่ากับ 720,000 บาท ค่าใช้จ่ายรายปี C_{annual} เท่ากับ 288,000 บาท ค่าบำรุงรักษา C_{maint} เท่ากับ 36,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน C_{opj} เท่ากับ 66,808.8 บาท และค่าใช้จ่ายรายปีต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์อบแห้ง Z เท่ากับ 102.674 บาท/กิโลกรัม

จากการคำนวณพบว่าในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกมีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี

3. ผลการวัดสีของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง

จากการวัดค่าสีโดยการทดสอบด้วยเครื่องโครโมมิเตอร์ หลังจากทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกพร้อมกับแอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์จากการทดลอง 10 ครั้ง พบว่า ค่าที่ได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ a^* 7.57, b^* 26.94 และ L^* 66.50 ตามลำดับ

อภิปรายผล

การลดลงของปริมาณความชื้นของกล้วยน้ำว้าค่อย ๆ ลดลง ใช้เวลาในการอบแห้ง 5 วัน ความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ความชื้นสุดท้ายของกล้วยน้ำว้ามีค่า 20 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ 5 วัน นั้นหมายความว่าเมื่อทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้าโดยวิธีการตากแดดตามธรรมชาติต้องใช้เวลา 10 วัน จากเส้นกราฟการลดลงของความชื้นของกล้วยน้ำว้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าความแตกต่างเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ในช่วงสุดท้ายได้ค่าความชื้นเกือบเท่ากัน แสดงว่าอัตราการแห้งของความชื้นของกล้วยน้ำว้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ค่อนข้างสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดธรรมชาติ ค่าความชื้นลดลงช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ใช้เครื่องอบแห้งแบบอื่น ๆ พบว่ามีลักษณะที่คล้ายกัน (Ranjan, 2004; Smitabhindu & Janjai, 2008) การใช้แอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์มีความจำเป็นอย่างมากในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นฤดูฝน ถ้าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งต่ำจะส่งผลให้สีของกล้วยน้ำว้ามีสีดำ ท่อของแอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์มีช่องระบายความร้อนสม่ำเสมอทำให้เกิดการกระจายความร้อนเท่ากันทุกทิศทุกทาง แต่จำนวนท่อแก๊สยังมีน้อยควรเพิ่มจำนวนท่อแก๊สให้มากขึ้นจะส่งผลให้เกิดการกระจายความร้อนได้ทั่วทั้งเครื่องอบแห้ง แอลพีจีแก๊สเบิร์นเนอร์มีประโยชน์อย่างมากในงานที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้ง สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งกับเครื่องอบแห้งขนาดเล็กและเครื่องอบแห้งขนาดใหญ่ โดยทำการปรับขนาดของท่อกระจายความร้อนให้เหมาะสมกับขนาดและรูปทรงของเครื่องอบแห้ง

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวัดพบว่า ความเข้มรังสีอาทิตย์ในการทดลองทั้ง 10 ครั้งพบว่ามีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ 650-750 วัตต์ต่อตารางเมตร ในช่วงที่ทำการทดลองห้องฟาร์มมีเมฆมากและมีฝนตกในการอบครั้งที่ 1, 2, 3, 5, 6, 7 และ 8 ทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำลง 50-120 วัตต์ต่อตารางเมตร มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ 650 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าต่ำด้วย ส่วนครั้งที่ 9 และ 10 ห้องฟาร์มปราศจากเมฆทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์แปรไปตามช่วงเวลาของวัน มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ 650-750 วัตต์ต่อตารางเมตร และค่าสีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $a^* 7.57$, $b^* 26.94$ และ $L^* 66.50$

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ และศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Janjai S, Khamvongsa V, Bala BK. Development design and performance of a PV-Ventilated greenhouse dryer. *International Energy Journal* 2008;(8):249-258.
- Janjai S, Lamlert N, Intawee P, Bala K, Nagle M, Mülle J. Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana. *Solar Energy* 2009;(83):1550-1565.
- Piwsaoad, J. Experimental performance and mathematical modeling of a large- scale greenhouse solar dryer for drying orchids at Kanchanaburi Province Thailand. *Journal of Science and Technology* 2019;11(2):35-44.
- Piwsaoad J, Phusampao C. Factors affecting mangos drying. *Journal of Science and Technology* 2021;13(2):80-85.
- Piwsaoad J. Physical factors affecting longan drying. *Life Sciences and Environment Journal* 2021;22(2):287-296.
- Piwsaoad J, Phusampao C. Physical properties of dried andrographis paniculata herb. *Life Sciences and Environment Journal* 2022;23(2):324-333.
- Ranjan R, Irudayaraj J, Reddy J, Mujumdar A. Finite-element simulation and validation of stepwise drying of bananas. *Numerical Heat Transfer Part A* 2004;45(10):997-1012.
- Smitabhindu R, Janjai S. An Investigation of the performance of a solar assisted drying system for drying bananas. *Journal of Research in Engineering and Technology* 2008;5(1):73-80.
- Janjai S, Mahayothee B. Development of dried banana production in a dried banana community of Bangkratum district Phitsanulok Province. *Science and Technology Veridian E-Journal* 2016;3(6):310-322.