

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เพื่อเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจชุมชน

ชาญฉจติ วรณนุรักษ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

Email: chanchajit.w@dru.ac.th

Received: May 24, 2024

Revised: Jun 17, 2024

Accepted: Jul 08, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์โดยเปรียบเทียบร้อยละความชื้นและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองคือกล้วยน้ำว้า

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีรังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียงเฉลี่ยอยู่ที่ 633.06 วัตต์/ตารางเมตร ประสิทธิภาพแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขณะใด ๆ อยู่ระหว่างร้อยละ 18.18 – 47.75 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการส่งผ่านค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์สูง และป้องกันความร้อนสูญเสียได้ดี ประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้นได้ร้อยละ 99 ผลการเปรียบเทียบค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งกล้วยน้ำว้าระยะเวลาการทดลองนาน 1 วัน และ 5 วัน คิดตามมาตรฐานอาหารเปียกพบว่าร้อยละความชื้นเฉลี่ยของกล้วยน้ำว้าจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถลดความชื้นได้ดีกว่ากล้วยน้ำว้าจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 58.22, 56.02, 55.64 และ ร้อยละ 74.29, 72.99, 71.94 ตามลำดับ ค่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 5 วัน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถลดน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าได้มากที่สุดทั้งจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ โดยน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าลดลงเฉลี่ยเหลือ 0.35 กิโลกรัม, 0.37 กิโลกรัม และ 0.39 กิโลกรัม ตามลำดับและเมื่อมีกำลังการผลิตที่ 20 กิโลกรัม/ครั้ง จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 9 วัน มีรายรับสุทธิ 52,459.68 ต่อปี

คำสำคัญ : การอบแห้ง, ตัวเก็บรังสีอาทิตย์, พลังงานแสงอาทิตย์, ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Solar Collector Dryers to Increase Economic Value in the Community

Chanchajit Wannurak

Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University

Email: chanchajit.w@dru.ac.th

Received: May 24, 2024

Revised: Jun 17, 2024

Accepted: Jul 08, 2024

Abstract

The objective of this research is to develop, build and determine the efficiency of the Solar Collector dryer by comparing the percentage of moisture and weight of the products obtained from the Solar Collector dryer with the solar drying cabinet and drying by natural method The product used in the experiment was Nam-wa banana.

From the experimental results It can be concluded that the Solar Collector's solar dryer has an average hourly radiation that hits perpendicularly on an inclined plane at 633.06 W/m^2 . The efficiency of the solar collector panel at any time is between 18.18 - 47.75 %. The solar collector has transmits high solar radiation absorption values and prevents heat loss well. The efficiency of the solar collector panels that were created was 99%. The results of comparing the moisture percentage of the products from drying Nam-wa bananas, tested for 1 day and 5 days, calculated according to wet food standards, found that the average moisture percentage of Nam-wa bananas from The Solar Collector solar dryer can reduce humidity better than Nam-wa bananas from solar drying cabinets and from natural drying methods. Represented as 58.22, 56.02, 55.64 and 74.29, 72.99, 71.94 percent, respectively. The weight of Nam-wa bananas from drying 5 times, 5 days each time. The Solar Collector dryer was able to reduce the weight of Nam-wa bananas the most. From solar drying cabinets and from natural drying methods. The weight of Nam-wa bananas decreased on average to 0.35 kg, 0.37 kg and 0.39 kg, respectively and when there is a production capacity of 20 kg/time Will be able to payback the investment with in approximately 9 days, with a net income of 52,459.68 per year.

Keywords : Drying, Solar Collector, Solar energy, Solar Drying Cabinet

บทนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่มีรายได้จากการขายพืชผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งเป็นผลผลิตตามฤดูกาลที่มีจำนวนมากและมักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการจำหน่ายไม่หมด ส่งผลให้ผลผลิตเกิดการเน่าเสียและมีราคาตกต่ำ สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการที่จะเก็บผลผลิตไว้ให้นานก็คือการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งวิธีการถนอมอาหารช่วยให้สามารถเก็บผลผลิตไว้บริโภคได้เป็นเวลานาน[1] โดยที่ผลผลิตนั้นไม่สูญเสียคุณภาพ

วิธีการอบแห้งหรือการตากแห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นวิธีการหนึ่งในการถนอมอาหาร มีความสะดวก ประหยัด ดังนั้นการอบแห้งจึงเป็นกระบวนการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสียและยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยไม่เน่าเสีย[2-3] วิธีการที่ง่ายที่สุดคือการตากแห้งโดยนำไปวางไว้บนตะแกรงและพัฒนาเป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์[4] โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมการอบแห้งพบว่ามีการใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้ง โดยใช้หลักพื้นฐานในการออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเริ่มต้นจากการดูดอากาศเย็นจากภายนอกด้วยพัดลมดูดอากาศไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบโดยตรงทำให้ความร้อนที่อยู่ในผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ส่งผ่านให้กับอากาศเย็นสามารถทำให้ได้อากาศร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้ง[5]

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) จากงานวิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียแสงอาทิตย์ของผู้วิจัยเอง[6] รูปที่ 1 มาดัดแปลงต่อยอดทำเป็นเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อใช้ในการอบแห้งถนอมคุณค่าทางอาหารให้กับผลผลิต หลักการทำงานของ

เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ ความร้อนที่ใช้ออบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเท อากาศขึ้น[7] และสามารถนำไปใช้ได้ในระดับชุมชน โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าในเครือข่ายชุมชน[8] มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี จังหวัดสมุทรปราการ อันจะส่งผลดีให้แก่ชุมชนได้มีความรู้ในการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์
3. เพื่อเปรียบเทียบร้อยละความชื้นและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

ในการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ผู้วิจัยได้นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นเรียบมาเป็นตัวหลัก ดังรูปที่ 1



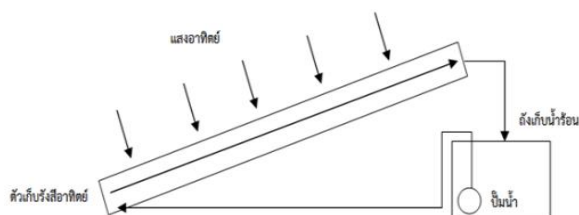
รูปที่ 1 เครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสีย
แสงอาทิตย์[6]

โดยถอดถังพัก ถังกรองขึ้นต้นออกและต่อท่อตรงจากปั้มน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์โดยตรง ขัดและพ่นสีดำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ใหม่ โครงสร้างฐานวางตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.50 เมตร สูง 1.27 เมตร ทำมุม 15 องศา ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ มีพื้นที่ 2 ตารางเมตร มีท่อทองแดงขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 30 ท่อ พ่นสีดำด้านบนเปลี่ยนกระจกใสใหม่จากเดิม 4 มิลลิเมตร เป็น 5 มิลลิเมตร ทำเป็นบานกระจกเปิดปิดจำนวน 2 บาน ถังเก็บน้ำร้อนขนาด 40 ลิตร สูง 35 เซนติเมตร 1 ใบ ปั้มน้ำมีขนาด 350 วัตต์ และ ถาดวางภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์จำนวน 5 ถาด กว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 95 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร รูปที่ 3 และรูปที่ 4 กำหนดตำแหน่งวัดอุณหภูมิ 4 จุดคือ 1) ท่อน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($T_{f,i}$), 2) ท่อน้ำออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($T_{f,o}$), 3) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) และ 4) ที่ถังเก็บน้ำร้อน ($T_{f,w}$) มีหลักการทำงานดังนี้คือน้ำที่อยู่ในถังเก็บจะถูกปั้มไหลลงสู่ด้านล่างของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปยังท่อทองแดงภายใน เมื่อแสงอาทิตย์แผ่รังสีมาที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ท่อทองแดงภายในจะถ่ายโอนความร้อนไปสู่ น้ำ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นไหลกลับขึ้นมอด้านบนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์และจะไหลออกกลับเข้าไปยังถังเก็บและจากถังเก็บก็ถูกปั้มไหลลงสู่ด้านล่างของตัวเก็บรังสีอาทิตย์อีกครั้ง จะไหลวนเอาพลังงานความร้อนหมุนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

อย่างต่อเนื่อง สามารถที่จะนำผลผลิตมาทำการอบภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้ รูปที่ 5



รูปที่ 2 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์



รูปที่ 3 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงาน
แสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์



รูปที่ 4 การอบภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 การทดลองประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยจะทำการวัดอุณหภูมิที่ 1) ท่อน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($T_{f,i}$), 2) ท่อน้ำออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($T_{f,o}$), 3) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) และ 4) ที่ถังเก็บน้ำร้อน ($T_{f,w}$) ทุกชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00 น.-17.00 น. ของทุกวันที่ทดลอง [6,9] และวัดค่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบชั่วโมงในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร แสดงดังตารางที่ 1 ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการวัด

2.2 เมื่อพิจารณาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สภาวะคงตัว (Steady State) ที่ขณะใด ๆ จะพบว่าค่ารังสีที่ถูกดูดกลืนมีค่าเท่ากับค่าอัตราความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์รวมกับค่าอัตราความร้อนที่สูญเสียจากผิวดูดรังสี[9-12] ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$Q_{Solar} = Q_{sc} + Q_{loss}.....(1)$$

โดยที่

$$(\tau\alpha)_e I_T A_{SC} = \dot{m}_f C_p (T_{f,o} - T_{f,i}) + U_L A_{SC} (T_p - T_{amb}).....(2)$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้รับจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถเขียนได้เป็นดังสมการที่ (3)

$$Q_{sc} = (\tau\alpha)_e I_T A_{SC} - U_L A_{SC} (T_p - T_{amb}).....(3)$$

เมื่อ Q_{sc} = อัตราความร้อนที่ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (W)

$(\tau\alpha)_e$ = ประสิทธิภาพเชิงแสงของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

I_T = รังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (W/m^2)

A_{SC} = พื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (m^2)

U_L = ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมจากผิวดูดรังสีอาทิตย์ (W/m^2-K)

T_p = อุณหภูมิผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($^{\circ}C$)

T_{amb} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ($^{\circ}C$)

$\dot{m}_f$ = อัตราไหลของน้ำผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (kg/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ($J/kg-K$)

$T_{f,i}$ = อุณหภูมิของน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($^{\circ}C$)

$T_{f,o}$ = อุณหภูมิของน้ำออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ($^{\circ}C$)

2.3 ในทางปฏิบัติอุณหภูมิผิวดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (T_p) วัดได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นจึงปรับค่าสมการดังกล่าวโดยกำหนด ค่าตัวประกอบการดึงความร้อน (Heat Removal Factor, FR) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำที่เข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ [11-12] ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$Q_{SC} = FR(\tau\alpha)_e I_T A_{SC} - FR U_L A_{SC} (T_{f,i} - T_{amb})....(4)$$

เมื่อ FR ค่าตัวประกอบการดึงความร้อนเป็นสัดส่วนของความร้อนที่ได้จริงจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ต่อพลังงานความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ค่า FR มีลักษณะคล้ายกับค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เนื่องจากเป็นค่าอัตราส่วนของพลังงานความร้อนจริงต่อพลังงานความร้อนสูงสุดที่เป็นไปได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ดังนั้นประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Collector Efficiency, η_{sc}) ในการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ ดังสมการที่ (5)

$$\eta_{sc} = Q_{SC} / I_T A_{SC} = FR(\tau\alpha)_e - [FR U_L (T_{f,i} - T_{amb}) / I].....(5)$$

อนึ่งหากพิจารณาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่า η_{sc} และ $(T_{f,i} - T_{amb}) / I_T$ โดยการวิเคราะห์

การถดถอยเชิงเส้นจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปสมการสมรรถนะเส้นตรง $Y = -aX + b$ โดยค่า $-a = -F_R U_L$ คือ ความชัน และ $b = F_R(\tau\alpha)_e$ คือ ค่าจุดตัดแกน η_{sc}

2.4 นำค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ในแต่ละชั่วโมง (I_T หรือ G) มาคำนวณเป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (I) ในหน่วย MJ/m^2 [9-12] ดังสมการที่ (6)

$$I = (G \cdot 3600) / 10^6 \dots\dots\dots(6)$$

เมื่อ G = ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m^2) โดยค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์คือค่าเดียวกับค่ารังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (I_T)

I = ค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (MJ/m^2)

2.5 คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Q_{sc}), คำนวณหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (η_{sc}) และค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (I)

2.6 คำนวณค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งทดสอบนาน 1 วันและ 5 วัน[4]

2.7 คำนวณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง [4]

ผลการวิจัย

1. ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Solar Collector คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (Q_{sc}) และ

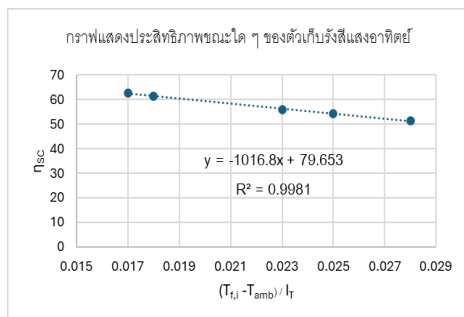
คำนวณหาประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (η_{sc}) จากผลการวัดอุณหภูมิ $T_{f,i}$, $T_{f,o}$, $T_{f,w}$, T_{amb} และค่าเฉลี่ยรังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียง (I_T) ทุกชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ของทุกวันที่ทดลองวันที่ 14-18 พฤษภาคม พ.ศ.2566 จำนวน 5 วัน ดังตารางที่ 1 และ นำค่า η_{sc} และ $(T_{f,i} - T_{amb}) / I_T$ ของทุกวันที่ทดลองมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พล็อตกราฟจะได้กราฟที่แสดงประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อช่วงเวลา 8.00 น. เริ่มเดินเครื่องสามารถวัดค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ (I_T) ได้ $208.4 W/m^2$ คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Q_{sc}) ได้ $253.38 W$ และค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (η_{sc}) 55%, ช่วงเวลา 12.00 น. วัดค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดได้ $922 W/m^2$ คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้ $1,032.9 W$ และค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 56.02% และช่วงเวลา 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาส่วนใหญ่ของอุณหภูมิทั้งสี่ตำแหน่งที่เพิ่มขึ้นสูงสุดสอดคล้องกับค่าความเข้มแสงอาทิตย์ตามทฤษฎี วัดค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ได้ $878 W/m^2$ คำนวณหาปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้ $902.25 W$ และค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 51.38% แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ $T_{f,i}$, $T_{f,o}$, $T_{f,w}$, T_{amb} และเวลา

ตารางที่ 1 ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยจำนวน 5 วัน ตั้งแต่วันที่ 14-18 พฤษภาคม พ.ศ.2566

เวลา(น.)	$I_T(W/m^2)$	$T_{f,i}(^{\circ}C)$	$T_{f,o}(^{\circ}C)$	$T_{f,w}(^{\circ}C)$	$T_{amb}(^{\circ}C)$	$Q_{sc}(W)$	$\eta_{sc}(\%)$
8.00	208.4	32.5	32.6	32.6	28.6	253.38	55
9.00	428.6	39.5	39.9	37.9	31.6	544.36	63.5
10.00	717.8	45.2	46.2	42.5	33	898.32	62.6
11.00	847.8	50.3	51.6	46.9	34.8	1,038.4	61.24
12.00	922	56.5	57.78	52.2	35	1,032.9	56.02
13.00	952	58.9	59.9	53.7	35	1,031.31	54.16
14.00	878	58.6	59.4	53.6	34.2	902.25	51.38
15.00	631	57.7	58.1	51.9	33	499.84	39.61
16.00	492.6	53.9	54.6	49	31.4	323.48	32.83
17.00	252.4	49.2	50.4	45.8	30	6	1.19
ค่าเฉลี่ย	633.06	50.22	51.01	46.6	32.66	653.02	47.75
S.D.	261.78	8.42	8.60	6.74	2.11	357.83	18.18

นำค่า η_{sc} และ $(T_{f,i}-T_{amb}) / I_T$ ของทุกวันที่ทดลองมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ผลการวิเคราะห์ได้กราฟที่แสดงประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 6 โดยใช้ค่า I_T ที่มีค่ามากกว่า 700 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 5 พบว่า ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่า $F_R(\tau\alpha)_e$ เท่ากับ 79.65 นิวตัน แสดงว่าการส่งผ่านค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าค่อนข้างสูง ส่วนค่า $-F_R U_L$ เท่ากับ -1016.8 m/s^2 มีค่าต่ำแสดงว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ป้องกันความร้อนสูญเสียได้ดีและวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหาประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้นได้ 99%

2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบร้อยละความชื้นและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (กล้วยน้ำว้า) [4] ที่ได้จากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ พบว่าค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งกล้วยน้ำว้า ทดลองนาน 1 วัน และ 5 วัน มีดังตารางที่ 2 นี้

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งกล้วยน้ำว้า ทดลองนาน 1 วัน และ 5 วัน

ครั้งที่	ร้อยละความชื้นของกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้ง					
	ทดลองนาน 1 วัน			ทดลองนาน 5 วัน		
	เครื่องอบแห้ง พลังงาน แสงอาทิตย์ด้วยตัว เก็บรังสี แสงอาทิตย์	ตู้อบแห้ง พลังงาน แสงอาทิตย์	การตากแห้ง โดยวิธีธรรมชาติ	เครื่องอบแห้ง พลังงาน แสงอาทิตย์ด้วย ตัวเก็บรังสี แสงอาทิตย์	ตู้อบแห้ง พลังงาน แสงอาทิตย์	การตาก แห้ง โดยวิธี ธรรมชาติ
1	58.82	55.45	56.92	74.07	70.53	70.53
2	59.17	56.92	56.28	74.63	72.57	71.53
3	58.48	56.28	53.20	74.63	72.57	71.94
4	56.50	56.92	56.28	74.07	73.63	72.88
5	58.14	57.25	55.97	74.07	74.18	72.57
$\bar{x}$	58.22	56.56	55.73	74.29	72.70	71.89
S.D.	1.04	0.72	1.46	0.31	1.40	0.92

จากตารางที่ 2 พบว่าการทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ คิดตามมาตรฐานอาหารเปียกสามารถลดความชื้นได้ดีกว่าจากการนำกล้วยน้ำว้าที่มีมวลเท่ากันคือ 1 กิโลกรัม มาทดลองนาน 1 วัน สามารถลดความชื้นในกล้วยน้ำว้าลงได้ร้อยละ 58.22 สำหรับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร้อยละ 56.02 และสำหรับการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติร้อยละ 55.64 และทดสอบนาน 5 วันสามารถลดความชื้นในกล้วย

น้ำว้าลงได้ร้อยละ 74.29, ร้อยละ 72.99 และร้อยละ 71.94 ตามลำดับ

นำค่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 5 วัน จากการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติมาเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 5 วัน ที่ได้ทดลองของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 น้ำหนักของกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 5 วัน

ครั้งที่	น้ำหนัก (kg)	น้ำหนักกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้ง (kg)														
		เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์					ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์					การตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ				
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1	0.7	0.5	0.39	0.35	0.35	0.8	0.72	0.62	0.56	0.42	0.76	0.6	0.52	0.44	0.42
2	1	0.69	0.58	0.4	0.36	0.34	0.76	0.6	0.48	0.42	0.38	0.78	0.6	0.5	0.42	0.4
3	1	0.71	0.5	0.41	0.37	0.34	0.78	0.61	0.5	0.42	0.38	0.79	0.62	0.53	0.44	0.39
4	1	0.77	0.51	0.4	0.37	0.35	0.76	0.59	0.49	0.4	0.36	0.78	0.6	0.51	0.42	0.37
5	1	0.72	0.53	0.4	0.36	0.35	0.75	0.59	0.48	0.4	0.35	0.79	0.61	0.5	0.42	0.38
$\bar{x}$	1	0.72	0.52	0.4	0.36	0.35	0.77	0.62	0.57	0.44	0.37	0.78	0.6	0.51	0.42	0.39

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2567

จากตาราง 3 พบว่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้า 1 กิโลกรัม จากการทดสอบนาน 1 วัน เริ่มต้นลดลงเฉลี่ยเหลือ 0.72 กิโลกรัม สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ น้ำหนักของกล้วยน้ำว้าลดลงเฉลี่ยเหลือ 0.77 กิโลกรัม สำหรับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าลดลงเฉลี่ยเหลือ 0.78 กิโลกรัม สำหรับการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ และจากการทดลองนาน 5 วัน น้ำหนักของกล้วยน้ำว้าลดลงเฉลี่ยเหลือ 0.35 กิโลกรัม, 0.37 กิโลกรัม และ 0.39 กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ลดน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าได้มากที่สุดทั้งจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ

จากนั้นได้มีการจัดโครงการการถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์โดยกรรมวิธีการผลิตกล้วยตากเพื่อเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจชุมชน



รูปที่ 8 อบรมภาคปฏิบัติ



รูปที่ 9 ถ่ายภาพร่วมกัน



รูปที่ 6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์



รูปที่ 7 ชุมชนและผู้สนใจเข้าร่วมอบรม

หลังจากอบรมมีผู้สนใจที่จะผลิตกล้วยตากขายโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นรายได้เสริมจากงานประจำ โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถผลิตกล้วยตากได้ 20 กิโลกรัม ต่อครั้งที่ทำการผลิต ใช้ระยะเวลาการอบกล้วยตากตั้งแต่ 8.00 น.- 17.00 น. ของ 1 วัน อบรม 2 วันและตั้งแต่วเวลา 8.00 น.-14.00 น. ของครึ่งวัน รวมเวลาที่ใช้ในการอบโดยประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งเปรียบเทียบกับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เวลาประมาณ 33 ชั่วโมงเพื่อให้กล้วยแห้งสนิทและการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติจะใช้เวลาประมาณ 42 ชั่วโมง



รูปที่ 10 กลัวยตาก Solar Collector



รูปที่ 11 ประชาสัมพันธ์ทางออนไลน์



รูปที่ 12 ยอดขายทางออนไลน์



รูปที่ 13 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทดลองในการทำกลัวยตาก



รูปที่ 14 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทดลองในการทำกลัวยตาก



รูปที่ 15 การตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติทดลองในการทำกลัวยตาก

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของกล้วยตากเป็นการหาจุดคุ้มทุนในการผลิตกล้วยตาก ดังนั้น การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนภายใต้สมมุติฐานที่กำหนดขึ้นแยกเป็นรายรับและรายจ่าย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. รายรับ มาจากการขายกล้วยตาก โดยกำหนดให้

1.1 อัตราการผลิตกล้วยตากเป็น 20 กิโลกรัมต่อการผลิต 1 ครั้ง ใช้เวลา 3 วัน

1.2 ราคาขายกล้วยตาก 150 บาท/กิโลกรัม

1.3 เวลาในการผลิต n ครั้ง

สรุปได้ว่า รายได้จากการขายกล้วยตาก

$$R = (n \text{ ครั้ง}) (150 \text{ บาท/กก.}) (20 \text{ กก./ครั้ง}) = 3,000 n$$

2. รายจ่าย เป็นต้นทุนในการผลิตกล้วยตากที่แยกเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน ดังนี้

2.1 ต้นทุนคงที่เป็นต้นทุนในการจัดซื้อเครื่องซีลถุง โดยคิดเป็นเงินรวม 1,500 บาท ไม่คิดต้นทุนเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์

2.2 ต้นทุนแปรผัน ประกอบด้วยค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกล้วยตาก และค่าแรงงาน

2.2.1 กล้วยน้ำว้าขนาดปานกลาง ราคาขายส่งหวีละ 25-30 บาท ถ้าใช้ในการผลิตกล้วยตาก 20 กิโลกรัม จะใช้กล้วยน้ำว้าประมาณ 40 หวี รวมส่ง คิดเป็นเงิน 1,200 บาท

2.2.2 ถุงซีลสุญญากาศขนาด 20x25 จำนวน 100 ใบ ราคา 500 บาท รวมส่ง ถ้าใช้ในการผลิตกล้วยตาก 20 กิโลกรัมจะใช้ถุงซีลสุญญากาศ 20 ใบ คิดเป็นเงิน 100 บาท

2.2.3 สติ๊กเกอร์กล้วยตาก ราคา 700 บาทได้ 1,000 ดวง รวมค่าออกแบบ ใช้ติดถุงกล้วยตาก 20 ดวง คิดเป็นเงิน 14 บาท

2.2.4 ค่าแรงงาน 1 คนในการผลิต

กล้วยตาก 1 ครั้ง รวม 3 วัน เท่ากับ 1,089 บาท

2.2.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า บิมน้ำขนาด 350 วัตต์ 1 ตัว เปิดใช้ 24 ชั่วโมงขณะทำการอบกล้วยเท่ากับ 350 วัตต์ x 1 ตัว ÷ 1,000 x 24 ชั่วโมง เท่ากับ 8.4 หน่วย/ครั้ง และเครื่องซีลสุญญากาศ 110 วัตต์ เวลาในการซีลสุญญากาศ 3 ชั่วโมง 110 วัตต์ x 1 ตัว ÷ 1,000 x 3 ชั่วโมง เท่ากับ 0.33 หน่วย/ครั้ง คิดในอัตราค่าใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 4 บาทต่อหน่วย ดังนั้นประมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตกล้วยตากคิดเป็น 8.4+0.33 = 8.73 หน่วย/ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้า 34.92 บาท/ครั้ง

สรุปผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า

1) ค่าวัตถุดิบ ผลรวมข้อ 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4 = 1,200 + 100 + 14 + 1,089

2) ค่าไฟฟ้าที่ใช้ ข้อ 2.2.5 = 34.92 บาท/ครั้ง ต้นทุนแปรผัน = (n ครั้ง) [(120.15 บาท/กิโลกรัม) x (20 กิโลกรัม/ครั้ง) + (34.92 บาท/ครั้ง)] = n (2,437.92) บาท

รวมต้นทุนแปรผันคิดเป็นเงิน 121.89 บาทต่อกิโลกรัม

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเบื้องต้น พิจารณาจากความเท่ากันของรายรับและรายจ่าย ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{รายรับ} &= \text{รายจ่ายรวม} \\ &= \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนแปรผัน} \\ 3,000 n &= 1,500 + 2,437.92n \quad (1) \end{aligned}$$

จากสมการที่ (1) สามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนได้โดยใช้การแทนค่า n ที่แปรค่าตั้งแต่ 0 จนถึงประมาณ 365 วัน หรือ 1 ปีหรือ 96 ครั้ง ที่ทำการผลิตกล้วยตาก ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์รายรับ-รายจ่ายของการผลิตกล้วยตาก

จำนวนครั้งที่ผลิต	เงิน (บาท)				
	รายรับ	ต้นทุนแปรผัน	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนรวม	รายรับสุทธิ
0	0	0	1,500.00	1,500.00	-1,500.00
1	3,000.00	2,437.92	1,500.00	3,937.92	-937.92
2	6,000.00	4,875.84	1,500.00	6,375.84	-375.84
3	9,000.00	7,313.76	1,500.00	8,813.76	186.24
4	12,000.00	9,751.68	1,500.00	11,251.68	748.32
8	24,000.00	19,503.36	1,500.00	21,003.36	2,996.64
16	48,000.00	39,006.72	1,500.00	40,506.72	7,493.28
24	72,000.00	58,510.08	1,500.00	60,010.08	11,989.92
32	96,000.00	78,013.44	1,500.00	79,513.44	16,486.56
40	120,000.00	97,516.80	1,500.00	99,016.80	20,983.20
48	144,000.00	117,020.16	1,500.00	118,520.16	25,479.84
56	168,000.00	136,523.52	1,500.00	138,023.52	29,976.48
64	192,000.00	156,026.88	1,500.00	157,526.88	34,473.12
72	216,000.00	175,530.24	1,500.00	177,030.24	38,969.76
80	240,000.00	195,033.60	1,500.00	196,533.60	43,466.40
88	264,000.00	214,536.96	1,500.00	216,036.96	47,963.04
96	288,000.00	234,040.32	1,500.00	235,540.32	52,459.68

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่าตลอดเวลาการผลิต รายรับมีค่าสูงกว่ารายจ่ายแปรผัน 562.08 บาทต่อครั้ง (มาจาก 3,000 - 2,437.92) และเวลาที่ผลิตแล้วได้จุดคุ้มทุนเบื้องต้นคือการผลิตครั้งที่ 3 และเมื่อมีกำลังการผลิตที่ 20 กิโลกรัม/ครั้ง จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 9 วัน มีรายรับสุทธิ 52,459.68 ต่อปี มีกำลังการผลิตที่ 20 กิโลกรัม/ครั้ง จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 9 วัน มีรายรับสุทธิ 52,459.68 ต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ ภูสมมา และผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชชัย สอนสนาม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดี

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มีรังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบตั้งฉากบนระนาบเอียงเฉลี่ยอยู่ที่ 633.06 วัตต์ต่อตารางเมตร

ประสิทธิภาพแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขณะใด ๆ อยู่ระหว่างร้อยละ 18.18 – 47.75 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการส่งผ่านค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์สูง และป้องกันความร้อนสูญเสียได้ดี ประสิทธิภาพของแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สร้างขึ้นได้ร้อยละ 99 ผลการเปรียบเทียบค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งกล้วยน้ำว้าทดลองนาน 1 วัน และ 5 วัน คิดตามมาตรฐานอาหารเปียก พบว่าร้อยละความชื้นเฉลี่ยของกล้วยน้ำว้าจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์สามารถลดความชื้นได้ดีกว่ากล้วยน้ำว้าจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และจากการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ ค่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าจากการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 5 วัน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์สามารถลดน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าได้มากที่สุดทั้งจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และจากการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ และเมื่อ

References

- [1] How to preserve food, December. 15, 2023. [Online]. Available: <https://signuphowto.blogspot.com/2012/02/>
- [2] iEnergyGuru Drying, December. 15, 2023. [Online]. Available: <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>
- [3] C. Serm, Nakhon Pathom: Silpakorn University, 2017.
- [4] C. Uthai, "Design and construction of a convection solar energy drying cabinet", *Master of Science Thesis, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, Thailand*, 2010.
- [5] P. Fankaew and K. Wutticaree, "Design and construction of a flat-plate solar-powered pineapple dryer," *National Industrial Education Conference: King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, no. 7, November. 2014, pp. 49-54.
- [6] W. Chanchajit, "The development of solar water treatment prototype system," *Research Dhonburi Rajabhat University*, Bangkok 2018.
- [7] Want to use solar energy, "Drying with solar energy," December. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.xn-12cmaam3eno6bybj3a2e7ak2dmhe5b1u9a3ktd.com/?p=41>
- [8] Y. Gun, "Guidelines for Conservation and Revitalization of Local Knowledge on Growing Muang Non Durians in Order to Add Economic Value of Community," *M.A. MAJOR (Cultural Science)*, Maharakam University, 2010.
- [9] P. Chackapun and L. Sungseeng, "A performance study of thermosyphon flat-plate solar hot water heater," *Ubon Ratchathani University Academic Journal*, vol. 2, no. 8, May – August. 2006, pp. 9-18.
- [10] C. Natthaphon, Chiang Mai: College of Renewable Energy Maejo University, 2019.

- [11] F. Marco, A. Marco, and D. Umberto, "Assessment of the optical efficiency in solar collectors: Experimental method for a concentrating solar power," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 40, March. 2023, pp. 1-20.
- [12] A. Mohammad, H. Ben, H. Andrew and O. Dominic, "Determining the Effect of Inlet Flow Conditions on the Thermal Efficiency of a Flat Plate Solar Collector," *Fluids*, vol. 364, September. 2018, pp. 1-17.