

โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย

ยุทธนา ศรีอุดม^{1*} อนูรัตน์ เทวตา² และ เจษฎา วิเศษมณี³

^{1*,2,3}สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

E-mail: ^{1*}yuttana.sriudom@gmail.ac.th, ²a.tewata@gmail.com, ³J.visedmanee@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย และศึกษาผลของความเร็วลม ตำแหน่งช่องทางลมเข้า และช่องทางลมออกที่ส่งผลต่อการลดลงของความชื้น และอัตราการอบแห้งของกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตาก ประมาณ 230 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง การอบแห้งของกล้วยด้วยความชื้นเริ่มต้นของกล้วยตาก ประมาณ 230 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยโรงเรือนที่สร้างขึ้นมีขนาดกว้าง 1.25 เมตร ยาว 1.90 เมตร และ สูง 0.80 เมตร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตโปร่งแสงเป็นวัสดุหลัก และใช้พัดลมดูดอากาศ ขนาด 6 นิ้ว สำหรับการถ่ายเทอากาศ โดยแบ่งระดับความเร็วลมออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 1.0 เมตรต่อวินาที (ระดับ 1) และ 1.5 เมตรต่อวินาที (ระดับ 2) จากการทดสอบ พบว่า กรณีช่องทางลมเข้าด้านล่าง ช่องทางลมออกอยู่บน โดยมีความเร็วลมทางเข้าเฉลี่ย 1.5 เมตรต่อวินาที ทำให้อัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด โดยมีอัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยต่อชั่วโมง เท่ากับ 0.157 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: อบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ เรือนกระจก กล้วย

* Corresponding author, e-mail: yuttana.sriudom@gmail.ac.th

Greenhouse Effect Solar Dryer for Banana

Yutthana Sriudom^{1*}, Anurat Tewata² and Jedsada Visedmanee³

^{1*,2,3}Mechanical engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

E-mail: ^{1*}yuttana.sriudom@gmail.ac.th, ²a.tewata@gmail.com, ³J.visedmanee@gmail.com

Abstract

The study aims to investigate the impact of varying wind speeds and to study the effects of wind speed, inlet, and outlet locations on the moisture reduction and drying rate of bananas using solar energy. The initial moisture content of the bananas is approximately 230 percent dry basis, and they are dried until the final moisture content reaches approximately 28 percent dry basis. The dimensions of the greenhouse are set at 1.25 meters in width, 1.90 meters in length, and 0.80 meters in height, utilizing translucent polycarbonate sheets as the primary construction material. Ventilation is facilitated by a 6-inch fan installed within the structure. The air flow rate is divided into 2 levels: 1.0 m/s (Level 1) and 1.5 m/s (Level 2). Results revealed that when the air inlet was positioned at the bottom with the air outlet open, and an average wind speed of 1.5 meters per second was maintained, the highest average weight loss rate was achieved. Specifically, the average weight loss rate per hour reached 0.157 kilograms.

Keywords: Dried, Solar, Greenhouse, Banana

* Corresponding author, e-mail: yuttana.sriudom@gmail.ac.th

Received 19 11 2024 / Revised: 27 02 2025 / Accepted: 03 03 2025

1. ที่มาและความสำคัญ

การอบแห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหาร ซึ่งนิยมทำกันทั้งระดับชาวบ้านและอุตสาหกรรมมาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธี เช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็ง เป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์จะมีความสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อยโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อปลา พืช ผักและผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อรา เป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นานทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้ ต่อมาได้มีการพัฒนาการอบแห้งโดยใช้โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรูปแบบหนึ่งของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้หลักการของปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse Effect) คือ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านเข้าสู่ภายในโรงเรือนจะถูกผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในโรงเรือนดูดกลืนรังสี แล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนวัสดุภายในโรงเรือนจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาแต่ไม่สามารถผ่านออกมาภายนอกได้ทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์โรงเรือนอบแห้งแบบเรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตแทนกระจก เนื่องจากสามารถตัดโค้งได้ง่ายน้ำหนักเบาและแสงอาทิตย์ผ่านได้ดี นอกจากนี้โรงเรือนอบแห้งยังช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง และป้องกันฝุ่นแมลง เชื้อโรคต่าง ๆ ที่จะเข้าไปสู่ผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตากทั่วไป ซึ่งปัจจุบัน มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจในการพัฒนาการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น Sandali และคณะ [1] ได้สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับพลังงาน แสงอาทิตย์โดยตรงและใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งรับพลังงานความร้อนจากใต้พิภพมาเป็น พลังงานความร้อนเสริมในการอบแห้ง แต่ในการทดลองจะใช้เครื่องทำน้ำร้อนสร้างความร้อนแทนความร้อนจากใต้ดิน พบว่า อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนี้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องอบแห้งได้ โดยสามารถทำอุณหภูมิอากาศ ได้ 46 - 58 °C ในช่วงกลางวัน ขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าประมาณ 25 °C และสามารถทำอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตอนกลางคืนได้ 46 °C ขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าประมาณ 15 °C ดังนั้น เครื่องอบแห้งนี้จึงสามารถทำการอบแห้งได้ต่อเนื่องในช่วงเวลาที่ไม่ได้มีแสงแดด Islam และคณะ [2] ได้ศึกษาผลกระทบของการถ่ายเทความร้อนขึ้นของผลไม้เมื่อใช้ส่วนวางผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 แบบ แบบที่ 1 คือ แบบใช้ท่ออากาศขนาดเล็กเป็นช่องทางเข้าของอากาศและใช้กระจกแผ่นเรียบปิดคลุมซึ่งมีรูเป็นช่องทางออกของอากาศ แบบที่ 2 คือ ใช้กระจกสองชั้นประกอบเป็นรูปหลังคาสามเหลี่ยมที่มีช่องว่างให้อากาศออกและมีรูตรงหน้าจั่วให้อากาศเข้า แบบที่ 3 คือ แบบใช้กระจกแผ่นเรียบปิดด้านบน ด้านข้างมีรูอากาศ 2 รู ทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมให้เป็นช่องอากาศเข้าออก จากการทดลองปรากฏว่า ส่วนวางผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด เนื่องจากมีอัตราการระเหยน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 58.9% ยุธนา และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนกับเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อน ซึ่งจะแบ่งชุดทดสอบออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ 1. เครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มี

ตัวสะสมความร้อน 2. เครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินบะซอลต์เป็นตัวสะสมความร้อน และ 3. เครื่องอบแห้งพริกพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน โดยทำการทดสอบอบแห้งพริกที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75% wb จนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายเป็น 13% wb ที่อัตราการระบายอากาศ 3 ระดับ ได้แก่ $0.0142 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.0208 \text{ m}^3/\text{s}$ และ $0.0279 \text{ m}^3/\text{s}$ ผลจากการทดสอบอบแห้ง พบว่า เมื่ออัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งสูงขึ้นทั้ง 3 ชุดทดสอบ โดยจะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราการไหล $0.0279 \text{ m}^3/\text{s}$ ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินบะซอลต์เป็นตัวสะสมความร้อน และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ย เท่ากับ 25.34%, 28.00% และ 30.73% ตามลำดับ โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน จะใช้เวลาในการอบแห้งต่ำสุด คือ 23.20 hr และมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 30.73% ณัฐภูมิ หงส์จันทร์ และคณะ [6] ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีระยะการใช้งานของเครื่องกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร วัสดุหลักที่ใช้คือ เหล็ก และอะลูมิเนียม ซึ่งตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถอบแห้งพริกได้สมบูรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ ควบคุมอุณหภูมิด้วยการควบคุมด้วยโทรศัพท์มือถือ จากการทดสอบ พบว่า ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถอบแห้งพริก ได้สมบูรณ์ตามที่กำหนดไว้ โดยมีประสิทธิภาพร้อยละ 100 ซึ่งเป็นประสิทธิภาพที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และวิจิตรา ภูมิสวัสดิ์ [7] ได้ทำการสร้างและทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้รางพาราโบลิคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง การอบแห้งใช้ใบมันสำปะหลังสดในการทดลอง ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิลานตาก อุณหภูมิผิวท่อทองแดง จะเพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิผิวท่อทองแดงที่ใช้ในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 200°C ทำให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งแบบมีรางพาราโบลิคเพิ่มขึ้นเป็น 50°C เมื่อเทียบกับแบบไม่มีรางพาราโบลิค ที่มีอุณหภูมิ 40°C ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยใช้รางพาราโบลิค มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ 16.4% รองลงมา คือ เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยไม่ใช้รางพาราโบลิค คือ 10.7% และประสิทธิภาพของการตากแห้งบนลานตากโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงมีค่าน้อยที่สุด 7.4% ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้รางรูปพาราโบลิค

กล้วย (ศักดิ์ชาย ยอดมิกลิ้น [10]) เป็นพืชเศรษฐกิจที่ออกผลผลิตตลอดทั้งปี เกษตรกรนิยมนำมาปลูกในบริเวณบ้านเรือน ในสวน ตามคันทนากล้วยมีมากตามจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทยกล้วยมีหลายชนิด เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยตานี เป็นต้น ในฤดูฝนจะมีกล้วยออกผลมากเป็นพิเศษ เมื่อผลผลิตมีมากจึงมีการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ หลากหลายวิธีการ วิธีการแปรรูปของเกษตรกรวิธีหนึ่ง คือ การทำกล้วยตากซึ่งกล้วยที่ใช้ทำจะเป็นกล้วยสุก ในอดีตได้อาศัยหลักการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อลดความชื้น ซึ่งเป็นการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยตากให้ยาวนานขึ้น ปัจจุบันกรรมวิธีการทำกล้วยตากชาวบ้านหรือเกษตรกรได้ใช้วิธีตากกล้วยในพื้นที่โล่งเพื่อให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงโดยไม่มีอะไรคลุม ถ้าแสงแดดดีตลอดทั้งวันจะใช้เวลาประมาณ 5 วัน ในกรณีที่ฟ้าครึ้มหรือฝนตกจะทำให้ระยะเวลาการตากยาวขึ้นเป็น 6 ถึง 7 วัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [5]) ข้อดีของกรรมวิธีแบบนี้ คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายแต่ก็ยังมิมีข้อเสียอีกจำนวนไม่น้อยที่เกิดขึ้นกับกรรมวิธีแบบนี้ เช่น ฝุ่นละออง

แมลงวัน เวลาในการตากนาน สิ้นเปลืองแรงงานในการกลับพลิกกล้วย รวมถึงความสกปรกที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการทำกล้วยตาก

อย่างไรก็ตาม การอบแห้งจำเป็นต้องมีระบบการไหลเวียนของอากาศที่ดี และมีความเหมาะสมสำหรับนำความชื้นออกจากโรงอบแห้ง ซึ่งอัตราการไหลเวียนของอากาศและสภาวะอากาศที่เหมาะสมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ต้องมีความแตกต่างกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาสภาวะการไหลเวียนของอากาศ และตำแหน่งช่องทางลมเข้า และออกจากโรงเรือนที่มีความเหมาะสมต่อการอบกล้วยตาก และนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลองในการตากกล้วย
2. เพื่อศึกษาผลของความเร็วมืด ตำแหน่งช่องทางทางลมเข้า และช่องทางลมออกที่ส่งผลต่อการลดลงของความชื้น และอัตราการอบแห้งของกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการวัดความชื้นในวัสดุ (ยุธนา และคณะ [8])

กระบวนการอบแห้งวัสดุขึ้นใด ๆ ตัวแปรหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของวัสดุที่ผ่านการอบแห้งว่ามีมาตรฐานตามที่กำหนดหรือไม่ นั่น คือ ปริมาณความชื้นที่เหลือในวัสดุ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณน้ำที่เหลือในวัสดุจะบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นสามารถคำนวณได้จากการคำนวณความชื้นแบบมาตรฐาน ดังสมการที่ (1) และ สมการที่ (2)

ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$M_D = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \quad (1)$$

- เมื่อ M_D คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
 m_w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุขึ้น (kg)
 m_d คือ น้ำหนักวัสดุแห้ง (kg)

อัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio) แสดงดังสมการที่ (2)

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_i - M_{eq}} \times 100 \quad (2)$$

- เมื่อ MR คือ อัตราส่วนความชื้น
 M_t คือ ความชื้นที่เวลาใด ๆ ของวัสดุ (kg water/kg dry Matter)
 M_i คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (kg water/kg dry Matter)

M_{eq} คือ ความชื้นสมดุลของวัสดุที่สภาวะการอบแห้ง (kg water/kg dry Matter)

หากค่า M_{eq} มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ M_i และ M_t (กรณีอบแห้งอย่างรวดเร็วหรือในสภาพแวดล้อมที่แห้งมาก) สามารถประมาณ MR เป็นสมการอย่างง่ายได้ ดังสมการที่ (3)

อัตราส่วนความชื้นสมการอย่างง่าย ดังสมการที่ (3)

$$MR = \frac{M_t}{M_i} \quad (3)$$

อัตราการอบแห้ง (Drying Rate :DR) คือ อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นในวัสดุอบแห้งต่อหน่วย ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$DR = \frac{M_{i+\Delta t} - M_t}{\Delta t} \quad (4)$$

เมื่อ M_t คือ ความชื้นของวัสดุที่เวลาใด ๆ (kg water/kg dry Matter)

$M_{i+\Delta t}$ คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุในช่วงเวลา Δt (kg water/kg dry Matter)

Δt คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1.1 กล้วยน้ำว้าที่ใช้สำหรับการอบแห้ง เป็นกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อน

1.2 เครื่องวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ Lutron รุ่น SPM-1116SD ช่วงการวัด 0.0 ถึง 2,000.0 W/m² ความแม่นยำ ± 10 W/m²

1.3 เครื่องวัดความชื้น และอุณหภูมิ EXTECH รุ่น 445713 ช่วงการวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -10 °C ถึง 60 °C ความถูกต้องในการวัด ± 1.0 °C และช่วงการวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 10 %RH ถึง 99 %RH มีความถูกต้อง ± 5 %RH

1.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก ZEPPER รุ่น T7E 300 kg สามารถชั่งน้ำหนักได้ 300 kg ความละเอียด 20 g ขนาดของถาดชั่ง 500 x 600 mm มีหน้าจอแสดงค่าเป็นแบบ LED ขนาด 2 in

1.5 อุปกรณ์ปรับความเร็วพัดลม ใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 220-240 V (AC) สามารถปรับการหนีไฟได้ด้วยปุ่ม Volume ต่อโหลดได้สูงสุด 500 W

1.5 เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ Wisco รุ่น DL 2200 ขนาด 8 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C

1.6 ตัวขยายสัญญาณ Analog Expansion Module EX24 ขนาด 16 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C

1.7 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ DIGICON DA-49SD ย่านการวัดความเร็วลมกว้าง 0.2 ถึง 35.0 m/s มีความแม่นยำ ± 0.01 m/s

2. เงื่อนไขการออกแบบและทดสอบ

2.1 ทำการสร้างเครื่องอบแห้งตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 1 โดยทำการศึกษามวลของช่องทางลมเข้าและลมออก ที่ความสูง 2 ระดับ คือ ระดับบน และระดับล่างของความสูงโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ และความเร็วลม 2 ระดับ คือ 1.0 m/s และ 1.5 m/s โดยวัดที่ช่องทางอากาศเข้าในโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ฯ

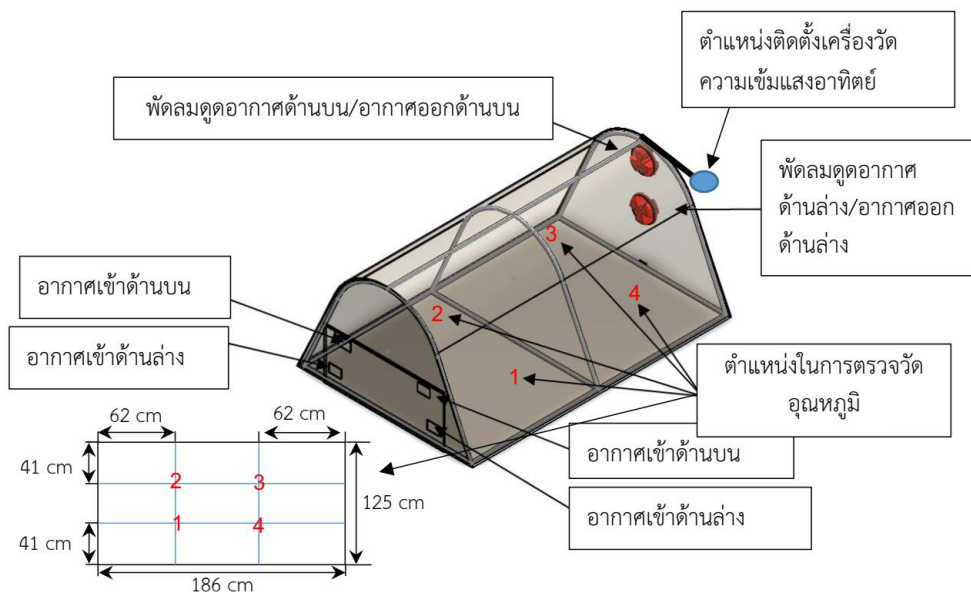
2.2 อบแห้งกล้วยน้ำว้า ครั้งละ 10 kg โดยใช้ระยะเวลาในการอบกล้วย 4 วัน โดยทำการตากกล้วย ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น.

2.3 ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ และอุปกรณ์ในการตรวจวัดเข้ากับชุดทดสอบทั้ง 3 ชุด โดย ทำการบันทึกอุณหภูมิ ความเข้มแสงทุก ๆ 1 นาที และชั่งน้ำหนักผลผลิตกันทุก ๆ 1 ชม. โดยติดตั้งเครื่องชั่งน้ำหนักไว้ในตู้ตู้อบ จึงไม่ต้องนำผลผลิตออกมาชั่งภายนอกตู้อบ ซึ่งจะไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิที่จะลดลงในตู้อบ และไม่ส่งผลต่อความชื้นที่จะกลับเข้าไปยังผลผลิต และนำข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2.4 คำนวณหาปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง อัตราส่วนความชื้น และอัตราการอบแห้ง ตามสมการที่ (1) - (4)

2.5 ทำการวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ของกล้วยตาก

3. การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง โดยรูปแบบของเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 โดยเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกมีความกว้าง 1.25 m มีความยาว 1.86 m และมีความสูง 0.8 m มีช่องทางอากาศเข้า 4 ช่องทาง ได้แก่ ด้านบน 2 ช่องทาง และด้านล่าง 2 ช่องทาง มีขนาดความกว้าง 0.25 m และมีความยาว 0.45 m ส่วนช่องทางอากาศออกจะมี 2 ช่องทาง ได้แก่ ด้านบน 1 ช่อง และด้านล่าง 1 ช่อง โดยควบคุมความเร็วลมด้วยพัดลมดูดอากาศ และมีตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ 4 จุด โดย จุดที่ 1 และ 2 ห่างจากด้านหน้า 62 cm ห่างจากด้านข้าง 41 cm และ จุดที่ 3 และ 4 ห่างจากด้านหลัง 62 cm ห่างจากด้านข้าง 41 cm โดยแต่ละจุดสูงจากพื้นขึ้นมา 20 cm



รูปที่ 1 โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกจำลอง



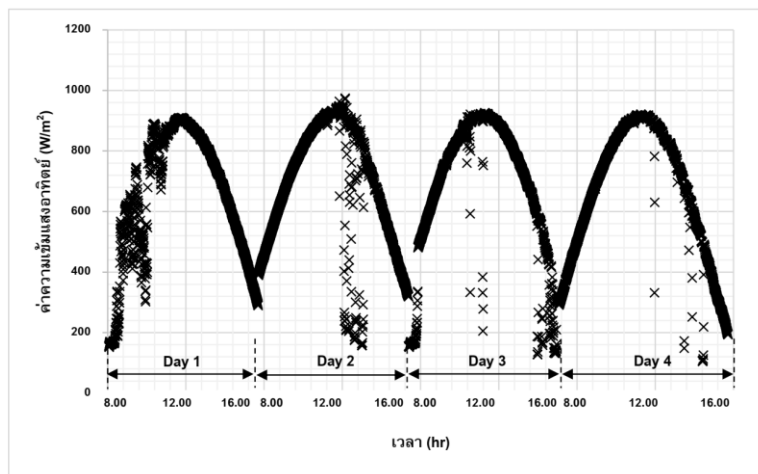
รูปที่ 2 กล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการตากในโรงเรือนอบแห้ง

5. ผลและวิจารณ์

1. จลนพลศาสตร์ของกล้วยตาก

1.1 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ตลอดวันที่ใช้ในการอบแห้ง

รูปที่ 3 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัดทั้ง 4 วัน ประกอบด้วย ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในวันที่ 1 วันที่ 2 วันที่ 3 และวันที่ 4 มีค่าเท่ากับ 574.7 W/m^2 611.2 W/m^2 563.1 W/m^2 และ 597.6 W/m^2 ตามลำดับ ค่าความเข้มแสงสูงสุด ในวันที่ 1 วันที่ 2 วันที่ 3 และวันที่ 4 มีค่าเท่ากับ 910.2 W/m^2 975.3 W/m^2 926.2 W/m^2 922.2 W/m^2 ตามลำดับ และ ค่าความเข้มแสงต่ำสุด ในวันที่ 1 วันที่ 2 วันที่ 3 และวันที่ 4 มีค่าเท่ากับ 152.5 W/m^2 166.1 W/m^2 127.7 W/m^2 และ 105 W/m^2 ตามลำดับ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยทั้ง 4 วัน มีค่าเท่ากับ 586.7 W/m^2

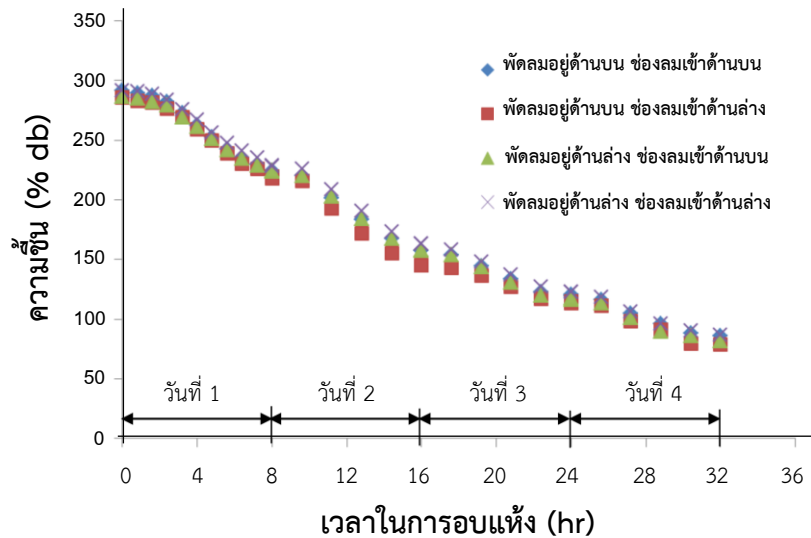


รูปที่ 3 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์

1.2 อัตราการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 1

รูปที่ 4 การลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 1 พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเหมือนกันของทุกกรณี โดยมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์ เฉลี่ย 586.7 W/m^2 ดัง รูปที่ 3 โดยเงื่อนไขพัดลมอยู่ด้านบน ช่องลม

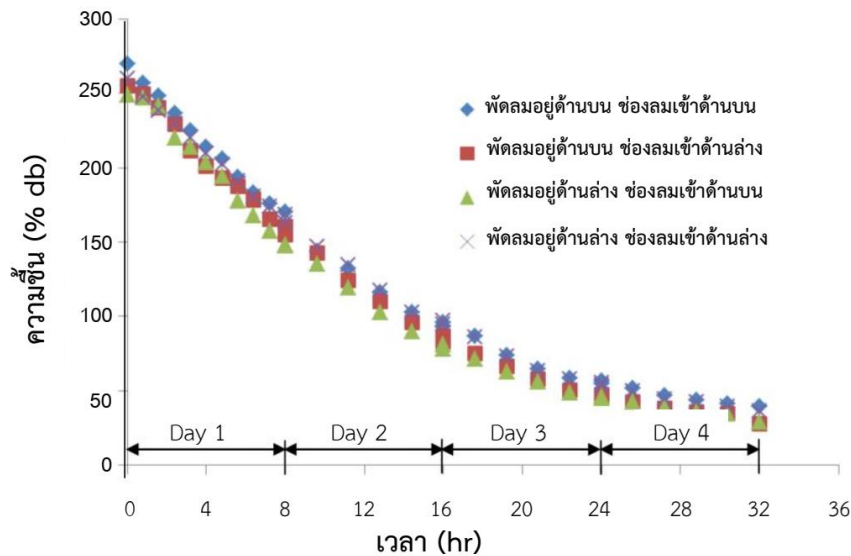
เข้าล่าง จะมีค่าความชื้นสุดท้ายต่ำสุด คือ 79 % db ส่วนเงื่อนไข พัดลมระดับบน ช่องลมเข้าบน จะมีค่าความชื้นสุดท้ายสูงสุด คือ 87 % db



รูปที่ 4 การลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 1

1.3 อัตราการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 2

รูปที่ 5 แสดงการลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 2 พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเหมือนกันของทุกกรณี โดยมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 591.1 W/m^2 โดยเงื่อนไขพัดลมอยู่ด้านบน ช่องลมเข้าล่าง จะมีค่าความชื้นสุดท้ายต่ำสุด คือ 28 % db ส่วนเงื่อนไข พัดลมระดับบน ช่องลมเข้าบน จะมีค่าความชื้นสุดท้ายสูงสุด คือ 40 % db

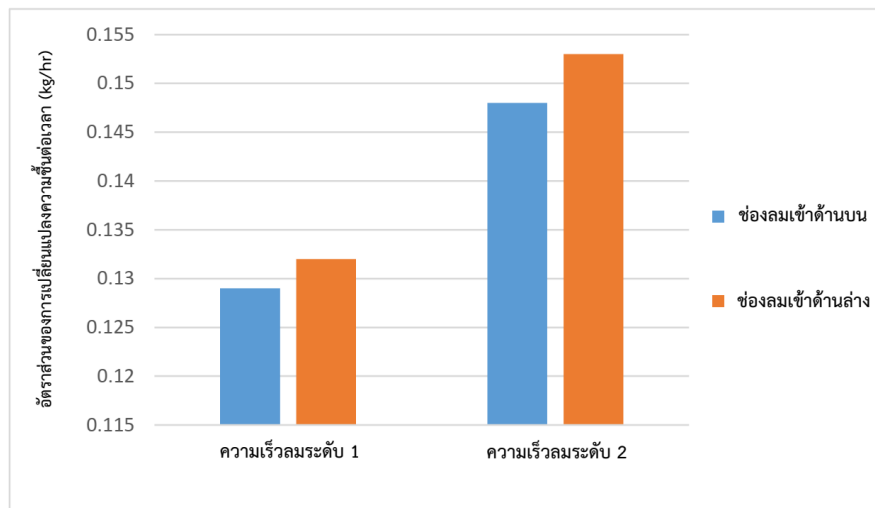


รูปที่ 5 การลดลงของความชื้นในกล้วยตากที่ความเร็วลมระดับที่ 2

2. ผลของช่องทางลมเข้าและตำแหน่งพัดลมดูดอากาศที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง

2.1 พัดลมดูดอากาศอยู่ด้านบน

รูปที่ 6 การเปรียบเทียบอัตราการเร็วลม และช่องทางเข้าของอากาศ ที่มีผลต่ออัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย โดยที่ความเร็วลม ระดับที่ 1 ที่ช่องทางลมเข้าด้านบน และช่องทางลมเข้าด้านล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.129 kg/hr และ 0.132 kg/hr ตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ช่องทางเข้าอากาศบน และช่องทางเข้าอากาศล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.148 kg/hr และ 0.157 kg/hr ตามลำดับ โดยอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งที่ลดได้สูงสุด คือ ที่ระดับความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ โดยมียัตราการอบแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.157 kg/hr จากการที่ความเร็วลมระดับที่ 2 ที่มีความเร็วที่สูงกว่าระดับที่ 1 ทำให้ความชื้นภายในห้องอบแห้งถูกดึงออกไปได้เร็วกว่านั่นเอง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการลดลงของความชื้นของผลิตภัณฑ์นั่นเอง

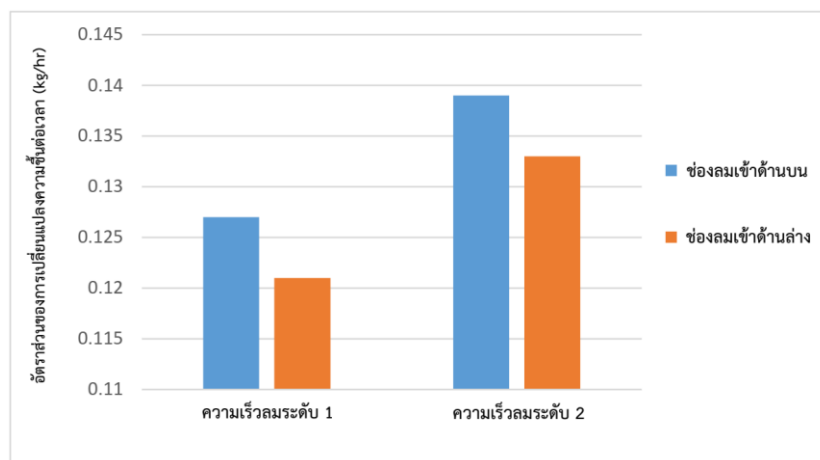


รูปที่ 6 ผลของอัตราการเร็วลม และตำแหน่งช่องทางเข้าของอากาศที่มีผลต่ออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลา กรณีพัดลมอยู่ด้านบน

2.2 พัดลมดูดอากาศอยู่ด้านล่าง

รูปที่ 7 การเปรียบเทียบอัตราการเร็วลม และช่องทางเข้าของอากาศ ที่มีผลต่ออัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย โดยที่ความเร็วลม ระดับที่ 1 ที่ช่องทางลมเข้าด้านบน และช่องทางลมเข้าด้านล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.127 kg/hr และ 0.121 kg/hr ตามลำดับ ส่วนที่ความเร็วลมระดับที่ 2 ที่ช่องทางเข้าอากาศบน และช่องทางเข้าอากาศล่าง จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.139 kg/hr และ 0.133 kg/hr ตามลำดับ โดยอัตราการลดลงของน้ำหนักอบแห้งที่ลดได้สูงสุด คือ ที่ระดับความเร็วลมระดับที่ 2 โดยมียัตราการอบแห้ง 0.139 kg/hr จากการที่ความเร็วลมระดับที่ 2 ที่มีความเร็วที่สูงกว่าระดับที่ 1 ทำให้ความชื้นภายในห้องอบแห้งถูกดึงออกไปได้เร็วกว่านั่นเอง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการลดลงของความชื้นของผลิตภัณฑ์นั่นเอง ในส่วนของช่องทางลมเข้าด้านบนจะสามารถดึงความชื้นออกจากห้องอบแห้งได้ดีกว่าช่องทางลมเข้าด้านล่าง เนื่องจากในกรณีที่พัดลมดูดอากาศ

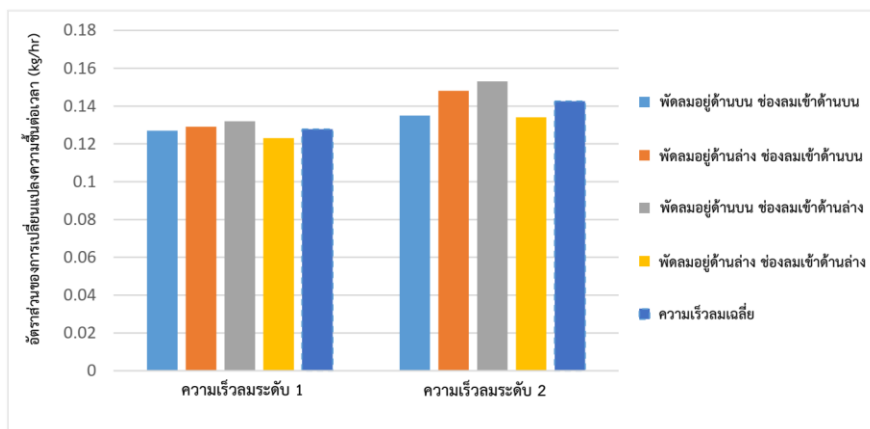
อยู่ด้านล่างอากาศที่เข้ามาในช่องทางลมเข้าด้านล่างจะถูกดูดแล้วผ่านห้องอบโดยอากาศส่วนใหญ่จะผ่านไป ตามชั้นล่างของตะแกรงใส่ผลิตภัณฑ์ ทำให้ความชื้นที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ถูกดูดออกจากห้องอบแห้งได้น้อยกว่าช่องทาง ลมเข้าด้านบน ในส่วนช่องทางลมเข้าด้านบนนั้น อากาศที่ถูกดูดเข้ามาในห้องอบจะไหลผ่านตะแกรงใส่ผลิตภัณฑ์ ทำให้ความชื้นที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ถูกดูดออกจากห้องอบได้ดีกว่าช่องทางลมเข้าด้านล่างนั่นเอง



รูปที่ 7 ผลของอัตราความเร็วลม และตำแหน่งช่องทางเข้าของอากาศที่มีผลต่ออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลา กรณีพัดลมอยู่ด้านล่าง

3. ผลของความเร็วลมที่มีต่ออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลา (Drying rate)

รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลาเฉลี่ยระหว่างความเร็วลมระดับที่ 1 และความเร็วลมระดับที่ 2 โดยพบว่า อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลาของกล้วยอบแห้ง ที่ความเร็วลมระดับที่ 1 และความเร็วลมระดับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.128 kg/hr และ 0.142 kg/hr โดยที่ความเร็วลมระดับที่ 2 จะสามารถลดน้ำหนักของวัสดุในการอบแห้งได้ดีกว่าความเร็วลมระดับที่ 1 ในทุก ๆ กรณี เนื่องจากอัตราความเร็วลมที่ผ่านห้องอบแห้งที่สูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการดูดความชื้นภายในห้องอบแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบแห้งที่ความเร็วสูงกว่าจะแห้งได้เร็วกว่าความเร็วลมต่ำนั่นเอง



รูปที่ 8 ผลของอัตราความเร็วลมที่มีผลต่ออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลา

6. สรุปผล

1. สรุปผลอัตราการอบแห้งที่ระดับความเร็วลม 2 ระดับ พบว่า การลดลงของความชื้นมีแนวโน้มเหมือนกันในทุกกรณี โดยระดับความเร็วลมระดับที่ 2 หรือ 1.5 m/s ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดการอบแห้ง 586.7 W/m² จะสามารถลดค่าความชื้นสุดท้ายได้ต่ำที่สุด คือ 28 % db เนื่องจากที่ความเร็วลมที่ใช้ในการระบายอากาศภายในห้องอบแห้งที่ความเร็วสูงกว่าจะสามารถดึงเอาความชื้นภายในห้องอบแห้งออกไปดีและไวกว่านั่นเอง

2. สรุปผลตำแหน่งช่องทางลมเข้า พบว่า ที่ตำแหน่งช่องทางลมเข้าด้านล่างและพัดลมระบายอากาศติดตั้งอยู่ด้านบน จะให้อัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุด เนื่องจากเมื่อลมเข้าทางด้านล่าง และถูกระบายออกทางด้านบน นั้นเมื่ออากาศที่ถูกดูดผ่านเข้ามาทางด้านล่างจะเคลื่อนผ่านผลิตภัณฑ์ได้ครอบคลุมพื้นที่อบแห้งได้มากกว่าลมที่เข้าด้านบนและระบายออกด้านบน หรือเมื่อลมเข้าด้านล่างและระบายออกทางด้านล่าง ทำให้การอบแห้งที่ตำแหน่งลมเข้าด้านล่าง และพัดลมระบายอากาศอยู่ด้านบน จะมีอัตราการลดลงของน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดนั่นเอง

3. การประยุกต์ผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิเช่น

3.1 การออกแบบและปรับปรุงเครื่องอบแห้ง โดยจากผลการวิจัย พบว่า ความเร็วลมที่ 1.5 m/s มีประสิทธิภาพในการลดความชื้นได้ดีที่สุด (28 % db) เนื่องจากช่วยระบายความชื้นในห้องอบแห้งได้เร็วกว่า ดังนั้น สามารถนำข้อมูลนี้มาปรับปรุงการออกแบบระบบระบายอากาศภายในเครื่องให้เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการอบแห้งได้มากขึ้นและลดเวลาในการอบแห้ง

3.2 การออกแบบระบบช่องทางลมเข้า โดยผลการวิจัยที่ พบว่า ตำแหน่งช่องทางลมเข้าด้านล่างและพัดลมระบายอากาศด้านบนให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการลดน้ำหนัก (ลดความชื้น) สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบช่องทางลมสำหรับเครื่องอบแห้ง พัฒนาเครื่องอบแห้งที่สามารถนำเอาหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการกระจายลมในพื้นที่อบแห้งให้ได้อย่างทั่วถึง โดยการจัดตำแหน่งช่องลมให้เหมาะสมและให้ลมเคลื่อนผ่านผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sandali, M., Boubekri, A., Mennouche, D., & Gherraf, N. (2019). Improvement of a direct solar dryer performance using a geothermal water heat exchanger as supplementary energetic supply. An experimental investigation and simulation study. *Renewable Energy*, 135, 186-196.
- [2] Islam, M., Islam, M. I., Tusar, M., & Limon, A. H. (2019). Effect of cover design on moisture removal rate of a cabinet type solar dryer for food drying application. *Energy Procedia*, 160, 769-776.
- [3] E. C. Okoraigwe, M. N. Eke and H. U. Ugwu. (2013). Design and evaluation of combined solar and biomass dryer for small and medium enterprises for developing countries. *International journal of physical science*, 8, 1341-1349.
- [4] A. Zomirodian and M. Zamanian. (2012). Designing and evaluating an innovative solar air collector with transpired absorber and cover. *ISRN renewable energy*, 2012, 1-5.
- [5] A. A. Hassanain. (2009). Simple solar drying system for banana fruit. *World journal of agricultural sciences*, 5(4), 446-455.

- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). รูปแบบการพัฒนาและเผยแพร่เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สู่ชุมชนกล้วยตากบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก. กระทรวงพลังงาน. เข้าถึงได้จาก https://www.dede.go.th/download/article/article_20160308143303.pdf.
- [7] ณัฐวุฒิ หงส์จันทร์ และคณะ (2564). ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 6(1), 47-59.
- [8] วิจิตรา ภูมิสวัสดิ์ (2560). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยรางพาราโบลิค. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6(2), 46-56.
- [9] ยุธนา ศรีอุดม อนูรัตน์ เทวตา และ สังคม สัพโส. (2567). การศึกษาเชิงทดสอบเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกักเก็บความร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งรัตนโกสินทร์. 6(1), 21-33.
- [10] ยุธนา ศรีอุดม อนูรัตน์ เทวตา และเอกนัฏฐ์ กระจ่างธิมพร. (2564). การศึกษาเชิงทดสอบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ท่อความร้อนสำหรับการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ, 14(2), 62-73.
- [11] ศักดิ์ชาย ยอดมิกลิน. (2553). การจัดการเทคโนโลยีกระบวนการแบกล้วยตากในการผลิตระดับชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.