การออกแบบและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดมพาราโบลา

DESIGN AND TESTING TEMPERATURE CONTROLLER SYSTEM OF DOME PARABOLA SOLAR DRYER

วีระศักดิ์ จุลภักดิ์ และชานนท์ บุญมีพิพิธ*

Weerasak Chulapak and Chanon Bunmephiphit*

บทคัดย่อ

กระบวนการอบแห้งโดยใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานนั้น จะทำให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นไม่อาจควบคุมได้ซึ่งเป็นสาเหตุจากการไม่สามารถควบคุมปริมาณรังสีอาทิตย์ได้ จึงทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม่คงที่และส่งผลโดยตรงต่อผลลัพธ์ในการอบแห้งผลิตผลต่าง ๆ ดังนั้นในการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกระบวนการอบแห้งโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกแบบมีการควบคุมอุณหภูมิและไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ผลการศึกษาพบว่าระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติภายในห้องอบด้วยเทคนิคการพาความร้อนผิวโค้งระหว่างผนังตู้อบทั้งสองชั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิและมีปริมาณในการอบกล้วยน้ำหว้าได้สูงสุด 30 กิโลกรัมต่อครั้ง และประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 96.5

คำสำคัญ: โดมอบแห้ง อบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ ควบคุม อุณหภูมิ

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Phutthamonthon District, Nakhon Pathom Province 73170

*corresponding author e-mail: chanon.bun@rmutr.ac.th

Received: 11 August 2021; Revised: 14 October 2021; Accepted: 16 October 2021

DOI: https://doi.org/10.14456/lsej.2021.16

Abstract

The drying process using solar radiation as an energy source causes uncontrollable temperature, due to the inability to control the amount of solar radiation. The drying temperature is unstable and directly affects the drying results of various products. Therefore, the objectives of this research were 1) to study and design the drying process by using a greenhouse effect solar oven with the temperature control system, and 2) to compare the temperature control efficiency between the oven with temperature control system and without temperature control system. Results showed that the automatic temperature control system with convection technique between the two oven walls can control the temperature and has a maximum banana drying volume of 30 kg per time. The temperature control efficiency of the greenhouse solar dryer is 96.5%.

Keywords: Solar incubator, Drying, Solar energy, Control, Temperature

บทนำ

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ (solar system) ที่แผ่รังสีอาทิตย์ออกสู่ภายนอกในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่มีความสำคัญในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า “รังสีดวงอาทิตย์” (solar radiation) พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดและไม่มีต้นทุน (Stanciu, 2014) รวมทุกความยาวคลื่นที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบตั้งฉากบนโลกพื้นที่ 1 ตารางเมตร เป็นระยะทางเฉลี่ย 1 หน่วยดาราศาสตร์ (149.6×10^{11} เมตร) มีความเข้มของรังสีประมาณ 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร เรียกว่า “ค่าคงที่สุริยะ” (solar constant) สามารถจำแนกส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกได้เป็น 2 ส่วน คือ “รังสีตรง” (direct radiation) และ “รังสีกระจาย” (diffuse radiation) ซึ่งผลรวมของรังสีทั้ง 2 ส่วนนี้ เรียกว่า “รังสีรวม” (global radiation) (Janjai, 2014) ทำให้การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางเกษตร เช่น อาหาร ปลา และพืชผลต่าง ๆ มีการใช้งานมาเป็นเวลาช้านานและมีการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดมา (Tiwari, 2018) ข้อดีการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระบบเรือนกระจกแบบหลังคาพาราโบลาในปัจจุบันสามารถอบได้ครั้งละปริมาณมาก ๆ สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ และมีความสะอาด ปราศจากฝุ่นละอองและใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดโดยธรรมชาติ (Piwsaoad, 2014) แต่อย่างไรก็ตามระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบดังกล่าวต้องใช้แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์จึงทำให้สมรรถนะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะทางอุตุนิยมวิทยาที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่แน่นอนได้ ทำให้การถนอมอาหารด้วยการอบแห้งต้องหาวิธีและปรับรูปแบบการใช้งานให้เป็นไปตามวัสดุที่ตนเองต้องการ

ใช้สำหรับการยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มคุณภาพ ลดน้ำหนักเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งและเก็บรักษา (Shamekhi-Amir, 2018)

ปัจจุบันการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรด้วยเทคนิคการอบแห้งนั้นมีหลากหลายรูปแบบ โดยจะอาศัยแหล่งพลังงานจากรังสีอาทิตย์ซึ่งไม่อาจควบคุมปริมาณของรังสีอาทิตย์ได้ตามต้องการจึงมีการติดตั้งระบบควบคุม เช่น ระบบ Support Vector Machines For Regression (SVR) ระบบ Proportional–Integral–Derivative (PID) และ ระบบ Model predictive control (MPC) เป็นต้น (Dai A et al, 2020) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง และควบคุมช่วงอุณหภูมิให้มีความเสถียร เนื่องจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีการใช้ช่วงอุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกันกันออกไป (Kumwan et al, 2018; Narkprasom et al, 2015) เมื่อสามารถควบคุมอุณหภูมิตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไปตามที่เหมาะสมได้แล้วจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและเกิดการสูญเสียน้อย (Sangjaroen, 2013) ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติกับการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดมพาราโบลา โดยใช้กระบวนการออกแบบผนังโดมอบแห้งด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต 2 ชิ้น และใช้เทคนิคการพาความร้อนระหว่างผิวชั้นนอกและชั้นในต่อการควบคุมอุณหภูมิภายในโดมอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกมีขนาด 120×120×80 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ดัดโค้งเป็นลักษณะครึ่งวงกลม ปิดด้านหน้าและด้านหลังด้วยวัสดุชนิดเดียวกับการทำผนังตู้อบ (แผ่นโพลีคาร์บอเนต หนา 5 มิลลิเมตร) ผนึกรูรั่วด้วยซิลิโคนใสทนความร้อน ด้านหน้าทำเป็นประตูสำหรับ เปิด-ปิด เพื่อนำวัสดุสำหรับอบแห้ง เข้า-ออก ตู้อบ ดังแสดงภาพที่ 1 (Figure 1)

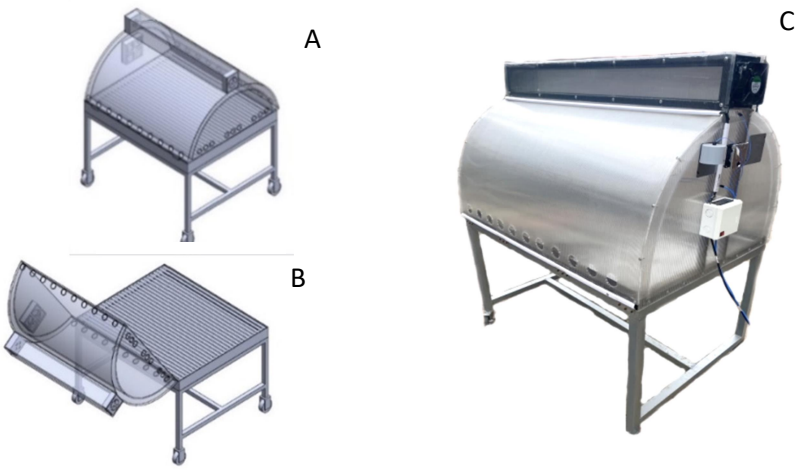

Figure 1 Dome parabola solar dryer

A) Cabinet style B) Close-Open shield and C) Parabola dome

อุปกรณ์และขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

1. ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล (type-K) เพื่อวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง $T_{1-8,\ adj\ และ\ amb}$ ที่แสดงตำแหน่งการติดตั้งในภาพที่ 2 (Figure 2)

2. ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ AC220-240V~50/60Hz 0.14/0.12Amp ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว หัว-ท้าย ของท่อรวมอากาศที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3. ติดตั้ง Temperature controller STC-1000 220VAC, 50/60Hz ที่ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง T_{adj} ในภาพที่ 2 (Figure 2) และเชื่อมต่อสายไฟฟ้ากับพัดลมระบายความร้อนทั้ง 2 ฝั่ง ณ ท่อรวมอากาศในข้อ 2

4. ลักษณะการควบคุมอุณหภูมิ กรณีตัวอย่างตั้งอุณหภูมิภายใน 40 องศาเซลเซียส Temperature controller จะตรวจวัดอุณหภูมิภายในและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เช่น ณ สภาวะนั้นเมื่อรังสีอาทิตย์ทำให้เกิดอุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิตั้งค่า (40.5 องศาเซลเซียส) Temperature controller จะสั่งงานให้พัดลมระบายอากาศทำงานเพื่อดูอากาศเย็นรอบข้างโดมอบแห้งมารับอากาศร้อนบริเวณผิวผนังตู้อบและนำไปทิ้งภายนอกกระทั่งอุณหภูมิภายในมีสภาวะคงที่ระหว่าง 39.5-40.5 องศาเซลเซียส ในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิภายในต่ำกว่า 39.5 องศาเซลเซียส Temperature controller จะไม่สั่งให้พัดลมระบายอากาศทำงานและจะรอกระทั่งรังสีอาทิตย์จะมีปริมาณมากพอและสร้างอุณหภูมิในต่อไป โดยอุณหภูมิในการกำหนดนั้นจะมีค่าคลาดเคลื่อนต่อละการตั้งค่าที่ ±0.5 องศาเซลเซียส โดยเป็นค่าต่ำสุดที่ Temperature controller สามารถทำงานได้และรักษาสภาพของพัดลมระบายอากาศให้สามารถทำงานได้

5. การทดสอบจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิตามข้อ 1 และจัดตรวจวัดต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 (Figure 2) และนำผลการทดสอบวิเคราะห์ในขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป

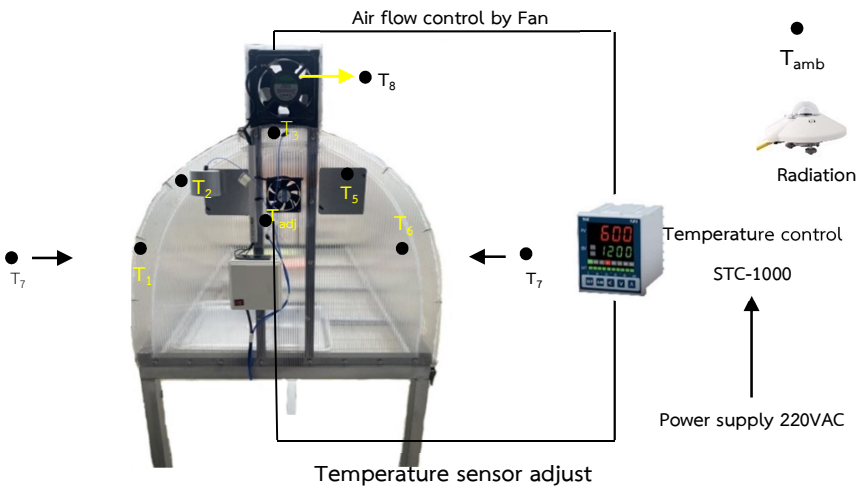

Figure 2 Temperature sensor position and air-flow

T_{1-6}	Temperature inside	˚C
T_{adj}	Fix temperature of Temperature control	˚C
T_7	Air temperature inlet	˚C
T_8	Air temperature outlet	˚C
T_{amb}	Ambient temperature	˚C

ผลการวิจัย

โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาเป็นตู้อบที่ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กน้ำหนักเบาสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและเหมาะสำหรับอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด นอกจากนั้นยังเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของความร้อนที่มีประสิทธิภาพ ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนพลังงานตลอดจนไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลาเมื่อเปรียบเทียบกับการทำให้แห้งด้วยเทคนิคการตากแดดด้วยวิธีธรรมชาติ พบว่า ตู้อบแห้งแบบโดมพาลาโบลาจะช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง การรบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น ลดระยะเวลาในการตากแห้งและยังเป็นการเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งอีกด้วย เช่น รสชาติ สีสัน ขนาดและรูปทรง เป็นต้น

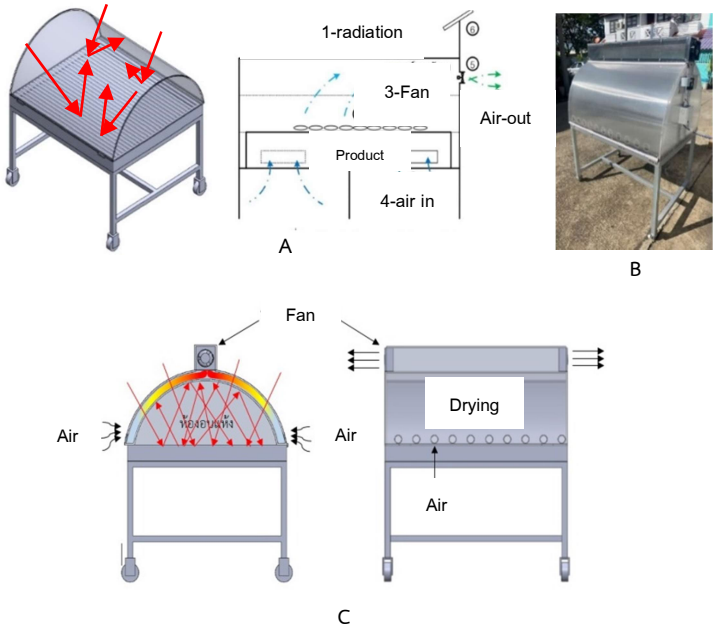

Figure 3 A) Operation process of parabola dome B) Parabola dome in case study and C) Temperature controller

การสร้างความร้อนของโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกเริ่มจากรังสีอาทิตย์ในแสดงในภาพที่ 3A (Figure 3A) จุดที่ 1 ส่องผ่านโครงสร้างรูปพาราโบลิกที่ครอบด้วยแผ่นโพลียูรีเทน จากนั้นเกิดการดูดกลืนพลังงานของรังสีอาทิตย์และกลายเป็นรังสีอินฟาเรด ซึ่งไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้เกิดการความร้อนภายในพื้นที่อบแห้งในจุดที่ 2 จากนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนจะเกิดการระเหยของน้ำในตัวผลิตภัณฑ์ขึ้นในจุดที่ 3 ดังนั้นจึงมีช่องสำหรับนำอากาศแห้งในจุดที่ 4 เพื่อระบายความชื้นออกไปจากพื้นที่อบแห้งในจุดที่ 5 ด้วยพัดลมระบายอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ แสดงในจุดที่ 6 ซึ่งการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก แสดงในภาพที่ 3A-C (Figure 3A-C)

การทดสอบการควบคุมอุณหภูมิ

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างความร้อนเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง ส่วนระบบการควบคุมอุณหภูมิใช้พลังงานไฟฟ้าขนาด 220 VAC จึงทำให้ประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องอบแห้งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของรังสีอาทิตย์ (Lakshmi et al, 2019) ซึ่งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาและสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา ดังนั้นในการศึกษาการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ปฏิกิริยาเรือนกระจกนี้ จะเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในโดมอบแห้งที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง เพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการอบแห้งวัสดุต่าง ๆ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการอบแห้งโดยใช้แหล่งพลังงานจากรังสีอาทิตย์นั้น ไม่สามารถควบคุมปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นได้ซึ่งจะส่งกระทบต่อการอบแห้งไม่ให้สามารถอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การดำเนินการทดสอบนั้นจะคาบเกี่ยวในช่วงฤดูร้อนและฝนของประเทศไทย ซึ่งเริ่มฤดูฝนนั้นเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมของทุกปี โดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป จนถึงช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายนจะพาดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่ง และเรียกว่าเป็นช่วงฝนทิ้ง ซึ่งอาจนานประมาณ 1-2 สัปดาห์หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยนานนับเดือน

สภาวะอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยจะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส ช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่ายอาจจะสูงถึงเกือบ 40 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบปี จากข้อมูลลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยนี้และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลกจึงทำให้ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกจึงไม่คงที่หรือมีแนวโน้มที่ไม่คงที่ ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกนั้นจะมีปริมาณไม่แตกต่างจากปริมาณรังสีอาทิตย์นอกโลกนัก แต่ผลการตรวจวัดแสดงปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ไม่คงที่นั้น เป็นผลจากการเคลื่อนที่

ผ่านชั้นบรรยากาศโลกและเกิดการสะท้อน ทะลุผ่านและเลี้ยวเบนจากการกระทบไอน้ำในชั้นบรรยากาศโลก จึงทำให้ปริมาณรังสีอาทิตย์แสดงดังภาพที่ 4 (Figure 4)

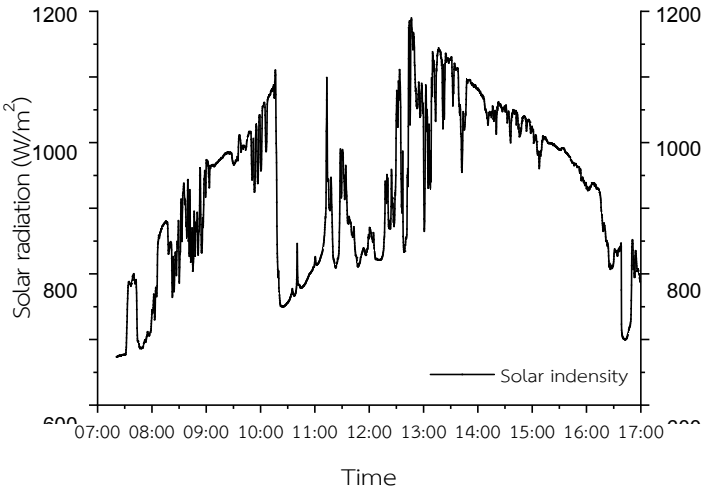

Figure 4 Characteristics of solar radiation (March 2021 - June 2021)

การควบคุมอุณหภูมิ

การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ใช้แหล่งพลังงานจากรังสีอาทิตย์นั้น เป็นข้อจำกัดที่ทราบกันทั่วไปว่าปริมาณรังสีอาทิตย์หรือพลังงานจากรังสีอาทิตย์นั้นไม่สามารถจะควบคุมแหล่งพลังงานได้ จึงทำให้เทคนิคการอบแห้งไม่สามารถจะควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่กำหนดได้ ทั่ว ๆ กระบวนการอบแห้งผลผลิตจากการเกษตรทั่วไปนั้น จะมีกระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกันออกไป เช่น ระยะเวลาในการอบแห้ง การจัดเรียบหรือแม้แต่กระทั่งการกำหนดอุณหภูมิแต่ละช่วง

ผลผลิตทางการเกษตรทั่วไปจะประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลที่สามารถให้ความหวานได้โดยธรรมชาติ การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรนอกจากจะเป็นการยืดอายุผลผลิตนั้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตนั้น ๆ อีกด้วย การอบแห้งคือการลดความชื้นจากกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อที่จะไล่ความชื้นออกจากวัสดุ ซึ่งโดยทั่วไปความร้อนจะช่วยให้น้ำภายในวัสดุเคลื่อนย้ายมาอยู่ที่ผิวและจะถูกทำให้ออกจากผิวโดยการระเหยซึ่งจะถูกพาออกไปโดยอากาศ ซึ่งปริมาณความชื้นที่ถูกพาออกไปนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ความชื้นของผลผลิต ความชื้นในอากาศ ชนิดและความสุกแก่ของผลผลิต สำหรับอุณหภูมิที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้ผลผลิต เทคนิคการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพนั้นของผลผลิตแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน การอบแห้งที่มีอุณหภูมิที่สูงหรือไม่เหมาะสมจะส่งผลให้น้ำที่อยู่ในผลผลิตไม่สามารถระเหยออกมาได้ โดยขณะที่อุณหภูมิอบแห้งสูงน้ำตาลที่อยู่ในเนื้อผลผลิตทางการเกษตรนั้น จะแห้งเปลี่ยนรูปเป็นฟิล์มเคลือบที่มี

ลักษณะโครงสร้างละเอียดและมีรูพรุนเล็กกว่าอนุภาคของน้ำที่จะระเหยหรือเคลื่อนที่ออกมาได้ และทำให้ผลผลิตทางการเกษตรนั้นเน่าเสียจากภายใน ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิ ได้กำหนดตัวอย่างการควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 5 (Figure 5)

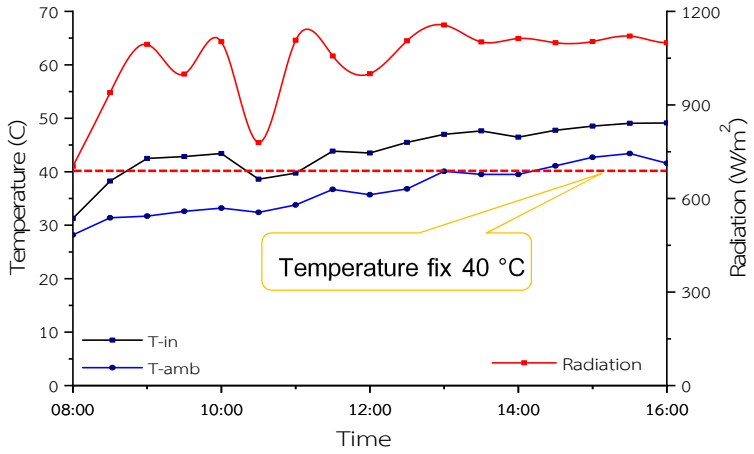

Figure 5 The relationship of temperature control characteristics inside parabola dome

ลักษณะการเกิดความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไปตามดังที่กล่าวมาข้างต้น และการกำหนดอุณหภูมิภายในที่ 40 องศาเซลเซียส นั้นพบว่า ระบบ controller ซึ่งเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติที่ช่วยให้สามารถควบคุมอุณหภูมิที่มีสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอนได้ (Dai et al, 2020) ได้ถูกกำหนดอุณหภูมิภายในที่ 40 องศาเซลเซียส และมีค่าคลาดเคลื่อน ±0.5 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมที่ใช้งานแบบ ON-OFF เครื่องควบคุมจะสั่งเอาท์พุตทำงานเพียง 2 สภาวะเท่านั้น คือ ON และ OFF เป็นไปดังภาพที่ 6 (Figure 6)

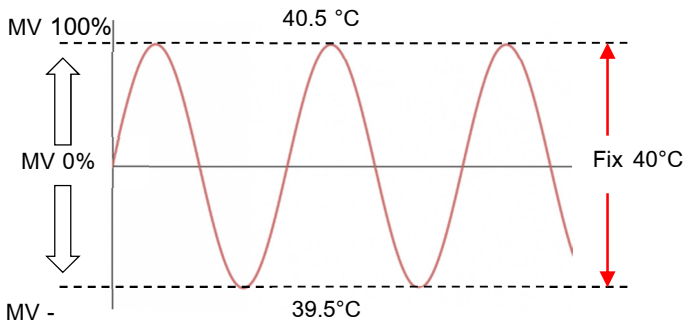

Figure 6 The behavior of the PID controller system used to control the temperature

เครื่องควบคุมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นระบบการทำงานการควบคุมแบบ ON-OFF ดังแสดงในภาพที่ 6 (Figure 6) ดังนี้

1. ลักษณะการเกิดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น เป็นไปตามปริมาณความเข้มของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิจะไม่คงที่บางสภาวะจะสูง บางสภาวะจะต่ำลักษณะเหมือนเส้นกราฟ (สีแดง) ในภาพที่ 6 (Figure 6) โดยระบบควบคุมอุณหภูมินั้นถูกกำหนดให้ควบคุมการทำงานโดยมีค่าคลาดเคลื่อน ±0.5 องศาเซลเซียส เพื่อประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิที่คงที่ที่สุด

2. อุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตู้อบนั้น จะต้องคลาดเคลื่อนในช่วง ±0.5 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดที่ 40 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิคลาดเคลื่อนเกินกว่า 0.5 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่า MV เกินกว่า 100% จะทำให้ระบบสั่งงานให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานเพื่อลดอุณหภูมิของตู้อบ และเมื่ออุณหภูมิลงลงมาอยู่ในช่วง 39.5 – 40.5 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งงานให้มอเตอร์นั้นหยุดทำงาน

3. เมื่ออุณหภูมิของตู้อบลดลงมามากกว่าค่าคลาดเคลื่อนต่ำสุดของระบบ MV>-100% ระบบจะไม่สั่งให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน เนื่องด้วยอุณหภูมิในระบบต่ำกว่าที่กำหนดและจะรอให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มีปริมาณมากขึ้นกระทั่งทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นไป

จากข้อจำกัดของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่มีความแปรปรวนจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ นั้น ยังส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยกระบวนการพาความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 7 (Figure 7) พบว่าส่งผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิสูงสุดร้อยละ 96.5-78.2

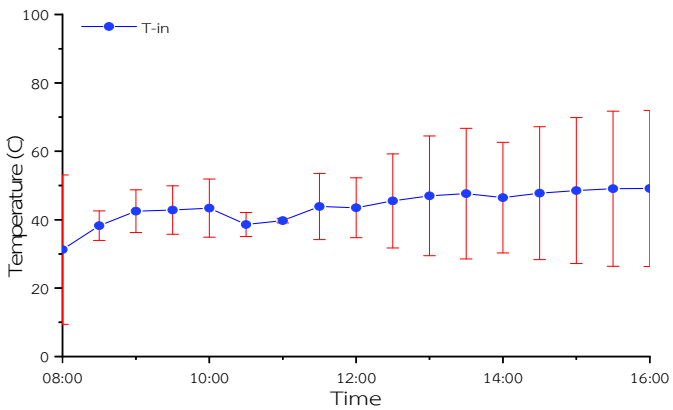

Figure 7 Temperature control error of parabola solar drying

อภิปรายผล

กระบวนการอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน โดยมีค่าความเข้มของรังสีประมาณ 1,367 W/m^2 ประกอบไปด้วย “รังสีตรง” (direct radiation) และ “รังสีกระจาย” (diffuse radiation) อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจึงไม่อาจควบคุมได้ซึ่งเป็นสาเหตุจากการไม่สามารถควบคุมปริมาณรังสีอาทิตย์ได้ จึงทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม่คงที่และส่งผลโดยตรงต่อผลลัพธ์ในการอบแห้งผลิตผลต่าง ๆ

เช่น อาหาร ปลา และพืชผลต่าง ๆ ก็จะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่แตกต่างกันออกไป จึงทำให้ระบบการควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งแบบผนัง 2 ชั้น สำหรับโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น จะสามารถควบคุมหรือกำหนดอุณหภูมิในการอบแต่ละขั้นตอนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งให้มีคุณภาพที่ดี

สรุปผลการวิจัย

ออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่มีผนัง 2 ชั้น ทำจากวัสดุโปร่งแสงจากโพลี่คาร์บอเนต ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติภายในห้องอบด้วยเทคนิคการพาความร้อนผิวโค้งระหว่างผนังตู้อบทั้งสองชั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิและมีปริมาณในการอบกล้วยน้ำหว้าได้สูงสุด 30 กิโลกรัมต่อครั้ง และ 2) ประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสูงสุดร้อยละ 96.5 จึงทำให้ระบบการควบคุมอุณหภูมิตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้งสูง ขนาดมีความกะทัดรัดสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเหมาะกับการใช้งานเพื่อวิสาหกิจชุมชน และครัวเรือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาคส่วนที่เกี่ยวข้องและทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนมิตรภาพต่าง ๆ ในการดำเนินงานในครั้งนี้มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Dai A, Zhou X, Wu Z. Design of an intelligent controller for a grain dryer: A support vector machines for regression inverse model proportional–integral–derivative controller. Food Science & Nutrition 2020;8(2):805-819.

Lakshmi DVN, Muthukumar P, Ekka JP, Nayak PK, Layek A. Performance comparison of mixed mode and indirect mode parallel flow forced convection solar driers for drying Curcuma zedoaria. Journal of Food Process Engineering 2019;42(4):e13045. https://doi.org/10.1111/jfpe.13045.

Janjai S. Solar radiation, Department of Physics. Faculty of Science, Silpakorn University; 2014.

Kumwan R, Thiangchanta S, Kesai S. Determination of drying rate of jackfruit by infrared dryer, vacuum system. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal 2018;11(2):67-77.

Narkprasom K, Chaidainan D, Chumrueng S. et al. Drying kinetics and moisture reduction of diced onion drying. The 1st National food engineering conference 2015, Kasetsart university, Kamphaengsean campus, Nakhon pathom Thailand; 2015.

Piwsaoad J. Performance of a greenhouse solar dryer for drying para rubber sheets. Doctor of philosophy in physics, Department of physics, Graduate School, Silpakorn University; 2014.

Sangiaroen A. Development of a control system for a parabolic greenhouse solar dryer. Master of science program in physics, Department of physics, Graduate School, Silpakorn University; 2013.

Shamekhi-Amiri S, Gorji TB, Gorji-Bandpy M, Jahanshahi M. Drying behavior of lemon balm leaves in an indirect double-pass packed bed forced convection solar dryer system. Case Studies in Thermal Engineering 2018;12:677-686.

Stanciu D, Stanciu C. Optimum tilt angle for flat plate collectors all over the world – A declination dependence formula and comparisons of three solar radiation models. Energy Conversion and Management 2014;81:133-143.

Tiwari S. Agrawal S, Tiwari GN. PVT air collector integrated greenhouse dryers. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2018;90:142-159.