

การควบคุมอุณหภูมิเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนด้วยระบบพีไอดี

PID Controlled Convection Betel Nut Dryer

อาคม ลักษณะสกุล¹ อภิรัฐ จันทรง² เฉลิมพล เสนเรือง³ และสังพงษ์ สิงห์พันธ์⁴

Arkhom Luksanasakul¹ Apiran Chanthong² Chaloeapol Sanreung³ and Satjapong Singhapan⁴

¹⁻⁴ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80210

Department of Electrical Engineering College of Industrial Technology and Management
Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakhon Si Thammarat 80210

¹ Corresponding Author: E-mail: arkhom.j@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบพีไอดี เพื่อลดเวลาในการลดความชื้นและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตหมากแห้ง เครื่องอบหมากที่สร้างขึ้นออกแบบวงจรการพาความร้อน (Convection current) โดยใช้ Heater แบบครีบน้ำ ขนาด 1200 Watt เป็นตัวทำความร้อน ใช้พัดลมแบบ Tangential เป็นตัวพาความร้อน ใช้เทคนิคการควบคุมแบบ PID และใช้บอร์ด Arduino R3 เป็นตัวประมวลผล หาประสิทธิภาพของระบบด้วยการทดสอบผลการตอบสนองเชิงเวลา และเปรียบเทียบกับวิธีการตากแบบดั้งเดิม

ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 70 °C ผลการตอบสนองของระบบมีค่า Overshoot เท่ากับ 4.27% ค่า Rise Time 120 s ค่า Settling Time 383.38 s และที่อุณหภูมิทดสอบที่ 90 °C ผลการตอบสนองของระบบมีค่า Overshoot เท่ากับ 2.49% ค่า Rise Time 342.72 s ค่า Settling Time 667.78 s ซึ่งที่อุณหภูมิทดสอบทั้งสองค่าระบบสามารถรักษาอุณหภูมิการทำงานให้คงที่ได้โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดสอบการอบหมาก พบว่าเครื่องอบหมากสามารถอบหมากให้แห้งเท่ากับการอบหมากแบบดั้งเดิมได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที ซึ่งประหยัดเวลากว่าวิธีดั้งเดิมที่ใช้เวลาถึง 4 - 5 วัน

คำสำคัญ : หมาก เครื่องอบ การพาความร้อน พีไอดี

Abstract

This research is to build and measure efficiency of PID controlled convection betel nut dryer with the aim of reducing time for dehumidification and improving quality of the dried betel nuts. This dryer is designed to transfer convection current by using 1200-Watt, 220-Volt finned heater for heating, tangential fan to transfer heat, applying PID control techniques and using Arduino R3 board for processing. System performance is determined by testing the response time and comparing it with traditional drying methods.

Results of the experiment showed that at temperature of 70°C, the system showed the response of the temperature overshoot was 4.27 percent, the rise time was 120 seconds, and the settling time was 383.38 seconds. At the temperature of 90°C, the system showed the response of the temperature overshoot was 2.49 percent, the rise time was 342.72 seconds, and the settling time was 667.78 seconds. At both test temperatures, the system was able to maintain a stable operating temperature with an error of no more than 2.5 percent. For testing of drying betel nuts, the betel dryer was able to dry the betel pieces similar to that of the traditional betel nuts drying process using 1 hour and 20 minutes, saving more time faster than the traditional method that normally takes 4-5 days.

Keywords : betel nut, dryer, convection heat, PID

1. บทนำ

หมากเป็นไม้ยืนต้นตระกูลปาล์ม มีชื่อสามัญว่า Betel Nuts ชื่อวิทยาศาสตร์ Areca catechu Linn เป็นไม้ยืนต้นที่มีความผูกพันกับวิถีชีวิตของคนไทยมา ยาวนาน ถูกใช้ประโยชน์ทั้งด้านการบริโภค ใช้เป็นยา สมุนไพรรักษาโรค รวมถึงในด้านอุตสาหกรรมหมากเป็น ปัจจัยทางการผลิตในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมฟอกหนัง ฟอกเส้นใย สี ยา เป็นต้น [1] ที่ ผ่านมาหมากเป็นสินค้าส่งออกสำคัญของไทย มีมูลค่า การส่งออกประมาณ 2,000 ล้านบาทต่อปี โดยเฉพาะ อย่างยิ่งในปี 2563 การส่งออกมีการขยายตัวถึง 11.68 เปอร์เซ็นต์ [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แนะนำให้หมากเป็นพืช ทางเลือกเพื่อปรับเปลี่ยนในพื้นที่ปลูกยางพารา ข้าว ใน เขตพื้นที่ใหม่เหมาะสมตามแผนที่ความเหมาะสมของดิน การปลูกหมากเกษตรกรรมมีต้นทุนตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการ เก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย 7,639 บาท/ไร่ เริ่มให้ผลผลิตในปีที่ 4-5 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 458 กก./ไร่ เกษตรกรขายหมากแห้ง ได้ราคา 40 - 45 บาท/กก. ผลตอบแทนสุทธิ 27,013 บาท/ ไร่/ปี ซึ่งตลาดมีความต้องการตลอดทั้งปี [3]

การผลิตและการแปรรูปหมากของเกษตรกร มี 2 ลักษณะคือ การผลิตหมากสดและการผลิตหมากแห้ง โดยการผลิตหมากแห้งเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้วิธีการแบบ ดั้งเดิม คือ การผ่าผลหมากเป็นซีกและตากแดดให้แห้ง แล้วขายส่งผ่านพ่อค้าคนกลาง โดยใช้เวลาดตากประมาณ 4-5 วัน หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งทำให้

ยากต่อการควบคุมคุณภาพและระยะเวลาการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยที่กล่าวว่าการพัฒนา เทคโนโลยีการผลิตหมากแห้งที่เหมาะสม มีความจำเป็น ในการส่งเสริมการผลิตหมากแห้งเพื่อเป็นอาชีพเสริมและ ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยที่ผ่านมามีการ พัฒนาเครื่องอบแห้งหมากในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ใช้ ริงส์อินฟราเรด [4] ใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล โดยพบว่าอุณหภูมิห้องอบมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ระบบที่ใช้ริงส์อินฟราเรด มีอุณหภูมิอบแห้งที่ 130 °C ถึง 140 °C และระบบพลังงานร่วมมีอุณหภูมิอบแห้ง ประมาณ 70 °C และใช้เวลาแห้งน้อยที่สุด 4 ชั่วโมงสำหรับ ระบบอินฟราเรด และใช้เวลาอบด้วยแสงอาทิตย์อย่างเดียว 54 ชั่วโมง การอบด้วยพลังงานชีวมวลอย่างเดียว 29 ชั่วโมง และการอบโดยใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล 40 ชั่วโมง [5]

อย่างไรก็ตามพบว่า ฮีตเตอร์อินฟราเรดเหมาะสำหรับ งานอบแห้ง อบสีเคลือบเครื่องจักร โดยสมบัติของริงส์ อินฟราเรดจะแตกต่างกันตามช่วงความยาวคลื่น ริงส์ อินฟราเรดที่มีช่วงความยาวคลื่นสั้น จะมีประสิทธิภาพ ในการแผ่รังสีทะลุผ่านพื้นผิววัตถุได้มากกว่าริงส์ อินฟราเรดที่มีช่วงความยาวคลื่นยาว ส่วนฮีตเตอร์ครีบ เหมาะสำหรับงานอบวัตถุที่มีลักษณะของพื้นผิวที่ซับซ้อน ต้องการให้ความร้อนทั่วถึงทั้งชิ้นงาน เช่น งานอบคอลล์ ลวดหม้อแปลงไฟฟ้า อบไม้ เมล็ดพืช อบพืชผลทางการ เกษตร [6] ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาเครื่องอบ หมากขนาดเล็กโดยใช้ฮีตเตอร์แบบครีบและออกแบบ

การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) เพื่อกระจายความร้อนในห้องอบอันจะส่งผลต่อระยะเวลาและการใช้พลังงานในการอบหมากอย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อสร้างเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID

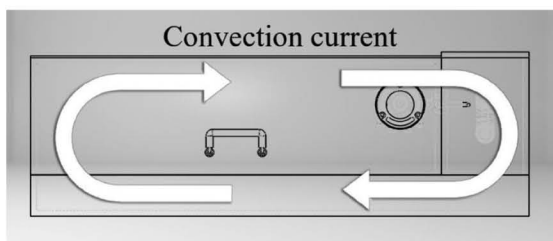
2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งแบบพาความร้อนและการตากแห้งแบบดั้งเดิม

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

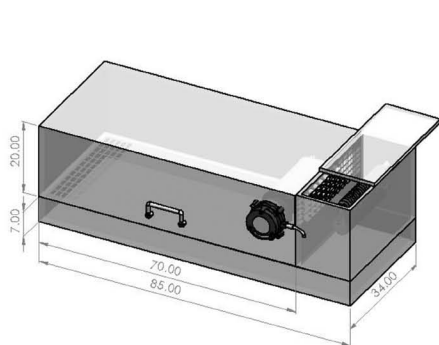
การดำเนินการวิจัยนี้ประกอบด้วย การออกแบบและสร้างเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุม

ด้วยระบบ PID การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID และการศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งแบบพาความร้อนและการตากแห้งแบบทั่วไป โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

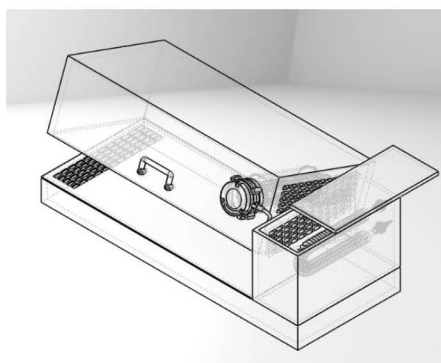
3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID เริ่มจากการออกแบบวงจรการพาความร้อนของเครื่องอบหมากโดยเลือกรูปแบบวิธีการถ่ายเทความร้อนจากตัวทำความร้อน (Heater) ไปยังห้องอบหมากด้วยวิธีการพาความร้อน (Heat convection) ใช้ Heater ขนาด 1200 Watt 220 Volt เป็นตัวทำความร้อน และใช้พัดลมแบบ Tangential เป็นตัวพาความร้อนโดยออกแบบให้มีวงจรการพาความร้อนโดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรการพาความร้อนภายในเครื่องอบหมาก



ก.

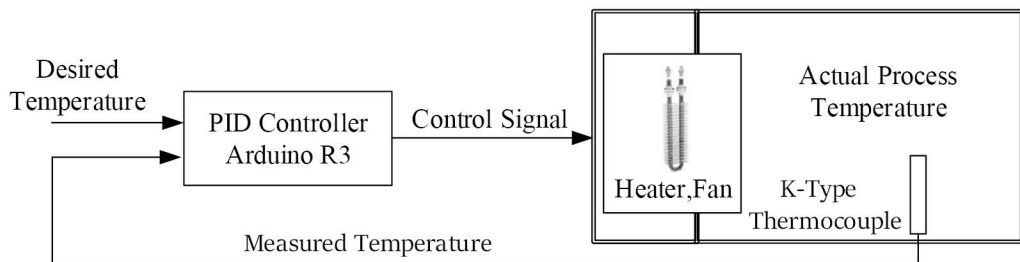


ข.

ภาพที่ 2 โครงสร้างเครื่องอบหมาก

หลังจากออกแบบวงจรการพาความร้อนก็ทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง โดยออกแบบให้ตัวเครื่องมีขนาดความ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 34 x 85 x 27 เซนติเมตร โดยมีปริมาตรห้องอบ เท่ากับ 34 x 70 x 27 เซนติเมตร โดยห้องอบออกแบบให้สามารถเปิดได้จากด้านบน โดยขนาดที่ออกแบบสามารถอบหมากได้คราวละประมาณ 5 กิโลกรัมของหมากสดต่อการอบ 1 ครั้ง ตัวเครื่องขึ้นรูปด้วยโครงเหล็กและแผ่นเมทัลชีท ผนังทุกด้านบุด้วยใยแก้วกันความร้อน

การออกแบบตัวควบคุม ระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องอบหมากออกแบบให้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี แสดงดังภาพที่ 3 โดยมีส่วนประกอบของระบบประกอบด้วย ตัวทำความร้อนแบบครีป (Fin Heater) พัดลมแบบ Tangential เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบ K-Type Thermocouple และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino R3 เป็นตัวควบคุม การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีไอดี (parameter tuning) ใช้วิธีลองผิดลองถูก (trial-and-error method)



ภาพที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอุณหภูมิ

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID หลังจากทำการทดลองและได้พารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ที่เหมาะสมแล้ว การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบหมากใช้การทดลองเพื่อศึกษาผลการตอบสนองเชิงเวลาของระบบในการอบหมาก ในการทดลองใช้หมากสดผ่าซีก จำนวน 2 กิโลกรัมทำการอบและบันทึกข้อมูลที่ 70 °C และ 90 °C และทำการบันทึกค่าเวลา อุณหภูมิที่ทำงาน และอุณหภูมิในเครื่องอบ แล้วนำมาพล็อตกราฟเพื่อศึกษาผลการตอบสนองเชิงเวลา

3.3 การศึกษาเปรียบเทียบการอบหมากแห้งแบบพา

ความร้อนและการตากแห้งแบบดั้งเดิม โดยการทดลองอบหมากสดผ่าซีกจำนวน 2 กิโลกรัมที่อุณหภูมิ 90 °C แล้วบันทึกค่าเวลา วัดค่าพลังงานไฟฟ้า และคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแบบดั้งเดิม

4. ผลการวิจัย

4.1 สร้างเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID โดยเครื่องที่สร้างขึ้นมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 34 x 85 x 27 เซนติเมตร โดยมีปริมาตรห้องอบ เท่ากับ 34 x 70 x 27 เซนติเมตรตามแบบที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 4

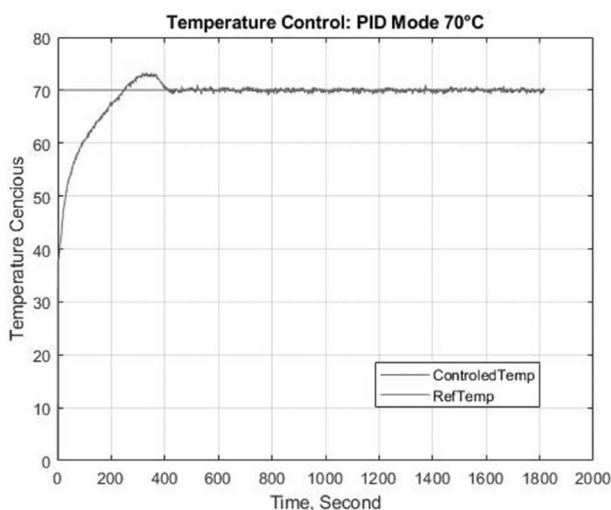


ภาพที่ 4 เครื่องอบหมาก

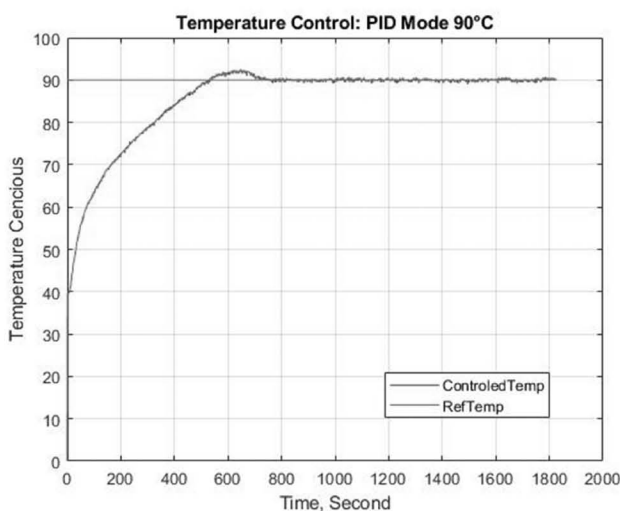
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบหมากแบบพาความร้อนควบคุมด้วยระบบ PID

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบหมาก โดยการทดลองอบหมากจำนวน 2 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิการทดลอง 70 °C และ 90 °C พบว่าที่อุณหภูมิทดสอบ 70 °C ผลการตอบสนองของระบบมีค่า Overshoot เท่ากับ 4.27% ค่า Rise Time 120 s ค่า Settling Time 383.38 s ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่อุณหภูมิที่ 70 °C ภายในเวลา 383.38 วินาที และสามารถรักษาอุณหภูมิการทำงาน

ให้คงที่ได้โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิทดสอบที่ 90 °C ผลการตอบสนองของระบบมีค่า Overshoot เท่ากับ 2.49% ค่า Rise Time 342.72 s ค่า Settling Time 667.78 s จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่อุณหภูมิที่ 90 °C ภายในเวลา 667.78 วินาที และสามารถรักษาอุณหภูมิการทำงานให้คงที่ได้โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองที่อุณหภูมิทั้งสองค่าพบว่า อุณหภูมิทดสอบที่ 90 °C ใช้เวลาในการเข้าสู่ Set Point มากกว่า 284.4 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 5



ก) อุณหภูมิทดลอง 70 องศาเซลเซียส



ข) อุณหภูมิทดลอง 90 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 5 ผลการตอบสนองของระบบของเครื่องอบหมาก

4.3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการอบหมากแห้งแบบพาความร้อนและการตากแห้งแบบดั้งเดิม

การเปรียบเทียบการอบหมากแห้งแบบพาความร้อนและการตากแห้งแบบดั้งเดิม จากการทดลองพบว่าเครื่องอบหมากแห้งแบบพาความร้อนสามารถอบหมากที่

อุณหภูมิ 90 °C โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 2 หน่วยค่าพลังงานไฟฟ้า 4.70 บาท (ไม่รวมค่าบริการและค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม) เมื่อเทียบกับการตากแห้งแบบดั้งเดิมที่ใช้เวลาประมาณ 4-5 วันหรือมากกว่าขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 6



ก่อนอบ



หลังอบ

ภาพที่ 6 การอบหมากด้วยเครื่องอบหมากที่สร้างขึ้น

5. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เครื่องอบหมากที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการอบหมากสามารถทำงานเข้าสู่อุณหภูมิที่ 70 °C ภายในเวลา 383.38 วินาที และที่อุณหภูมิที่ 90 °C ระบบสามารถเข้าสู่ค่าที่กำหนดภายในเวลา 667.78 วินาที และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ตลอดช่วงระยะเวลาการทำงาน เมื่อทำการทดสอบการอบหมากที่อุณหภูมิ 90 °C พบว่า สามารถอบหมากให้แห้งเท่ากับการอบหมากแบบดั้งเดิมได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที ซึ่งประหยัดเวลากว่าวิธีดั้งเดิมที่ใช้เวลาถึง 4-5 วัน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าระบบยังมีค่า Steady State Error อยู่ประมาณ 2.5% ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากความผันผวนของ Sensor ซึ่งจะพบได้มากในระบบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความร้อน [7]

เอกสารอ้างอิง

- [1] พลากร สัตย์เชื้อ และ ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์. (2559). สถานภาพการผลิตหมากแห้งของเกษตรกรในอำเภอองครักษ์ จังหวัดพิจิตร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. Vol.34. No.3. 22-32.
- [2] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2563). (ออนไลน์). สินค้าส่งออกสำคัญของไทยตามโครงสร้างสินค้าส่งออกโลก. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2563]. จาก <http://tradereport.moc.go.th/TradeThai.aspx>
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี. (2562). แนวพืชทางเลือกภาคใต้ตอนบนทดแทนปลูกยางในพื้นที่ไม่เหมาะสม. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [4] นฤบดี ศรีสังข์, กิตติชัย ชูสิง, วศิน สมกาญจนา, และ อภิสิทธิ์ ศรีไสยเพ็ชร. (2557). เครื่องอบแห้งและกะเทาะหมาก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. Vol.45. No.2. 489-492.
- [5] มนตรี เรืองประดับ. (2553). การพัฒนาเครื่องอบหมากโดยใช้พลังงานร่วมแสดงอาทิตย์และชีวมวล. ปริญญาโท. วิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- [6] บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด. (2564). (ออนไลน์). งานอบความร้อน Finned Heater VS Infrared Heater. [สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2564]. จาก https://www.sangchaimeter.com/support_detail/heater-finned-infrared
- [7] D. Kim, K. Park, Y. Eun, S. H. Son, and C. Lu, "When thermal control meets sensor noise: analysis of noise-induced temperature error," in 21st IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, 13-16 April 2015 2015, pp. 98-107, doi: 10.1109/RTAS.2015.7108421.