

การควบคุมอุณหภูมิสำหรับห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบอัตโนมัติ

THE TEMPERATURE CONTROL FOR SOLAR DRYING ROOMS BY AUTOMATIC SYSTEM

ปัญญา สำราญพันธ์^{1*} ณภพ ชัยสุวรรณ² ธิดาธิป หารชุมพล³ สมจินต์ อักษรธรรม⁴
สุภัสสรณ์ พงษ์พานิช⁵

Panya Samranhan^{1*} Napop Saisuwan² Thidathip Hanchumphon³ Somjin Aksorntham⁴
Supassorn Pongpanich⁵

^{1,2,3} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

^{1,2,3} Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

⁴ Faculty of Engineering, Thonburi University

⁵ วิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์

⁵ Somchan Community Enterprise

Received : 14 May 2020

Revised : 19 Jun 2020

Accepted : 28 Jun 2020

* Corresponding author E-mail : panya.su@bsru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดสุพรรณบุรี มีขั้นตอนการดำเนินการแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกเป็นรวบรวมข้อมูลความต้องการและศึกษาเงื่อนไขการอบกล้วยม้วน ขั้นตอนที่สองเป็นการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในห้องอบ จำนวน 4 ตำแหน่งตามตำแหน่งการอบกล้วยจริง แบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมง

ผลของงานวิจัย พบว่า อุณหภูมิก่อนการปรับปรุงมีอุณหภูมิระหว่าง 42.66 - 73.24 องศาเซลเซียส และหลังจากติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบควบคุมการไหลของอากาศแล้ว ช่วยให้อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิระหว่าง 54.44 - 57.66 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิในตำแหน่งการอบกล้วยม้วนทั้ง 4 ตำแหน่ง มีอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ระบบการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

Abstract

The objective of this research has been increasing the efficiency of solar power baking room of Somchan Community Enterprise, Uthong District, Suphan Buri Province. It had 3 steps to the operation, the first step was to collect information on requirements and studied the conditions for baking banana roll, the second steps were to designed and install the temperature control system in the solar baking room and the finally step

was to comparison the operating results before and after the improvement, by the collecting temperature data in solar power baking room for 4 positions according to the position of real banana baking continuously for during 7 hours.

This research was found that the temperature before the adjustment was has between 42.66 - 73.24 degrees Celsius and after installation temperature measurement systems and adding the air flow control system could be help to control the temperature inside the solar power baking room had the temperatures between 54.44 - 57.66 degrees Celsius., by the temperature in all 4 banana baking positions will had not significant difference temperature.

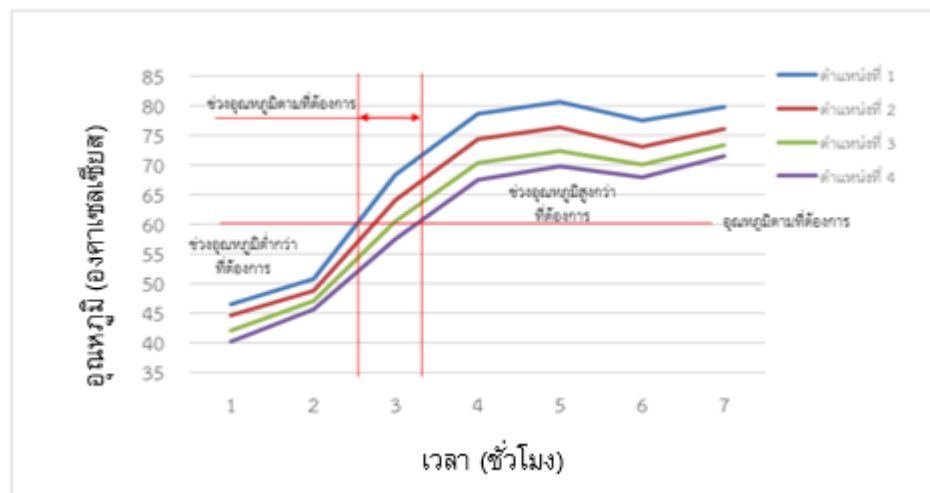
Keywords: Solar Drying Rooms, Automatic Temperature Control System.

1. บทนำ

ประเทศไทยมีความโชคดีที่มีทรัพยากรธรรมชาติที่มีความหลากหลายตามท้องถิ่นตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการสร้างรายได้ และการพึ่งตนเองของชุมชน โดยการนำทุนที่มีอยู่ในชุมชน อันได้แก่ ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น วิถีชีวิต วัฒนธรรมประเพณี ทรัพยากรท้องถิ่นอื่นๆ ฯลฯ ผสมกับการบริหารจัดการจัดการสมัยใหม่ เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการเรียนรู้ของชุมชนมาสร้างประโยชน์ สร้างโอกาสและรายได้ของชุมชนฐานรากให้สามารถพึ่งตนเองได้อย่างยั่งยืน หลักการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนหลักการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน คือ การทำให้สินทรัพย์ของชุมชนกลายเป็นสินทรัพย์ที่มีค่า และทำให้เป็นสินทรัพย์ที่มีมูลค่าเพิ่มเพื่อนำไปสู่สินค้าของชุมชนทำให้เกิดรายได้ และกลายเป็นสินทรัพย์ของชุมชน เพื่อให้รากฐานเศรษฐกิจมั่นคง ดังเช่น การรวมกลุ่มของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ ของชุมชนสระยายโสม หมู่ที่ 3 ตำบลสระยายโสม อำเภออุ้มผาง จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ดำเนินการในรูปแบบคณะกรรมการอย่างเป็นระบบ ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรทำให้มีเวลาว่าง จึงเกิดการรวมกลุ่มประกอบอาชีพเสริมเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว อีกทั้งยังสร้างความสามัคคีและความเข้มแข็งในชุมชน

การดำเนินการของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น คือ กล้วยนำว่าสายพันธ์กบขาวสุพรรณ เป็นสายพันธ์ผสมระหว่างสายพันธ์มะลิอ่องและสายพันธ์เพชรบุรี มีจุดเด่นที่สีเหลืองสวย เนื้อหนา หอม หวาน นุ่ม เหมาะกับการอบแห้ง (ไม่เหมาะกับการเชื่อม) เกษตรกรในพื้นที่จึงนำมาทำการแปรรูปเป็นกล้วยอบมันโสมจันทร์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร จากแนวคิดในการถนอมอาหารแบบไทยๆ โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แต่ด้วยจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ทั้งรูปแบบและรสชาติที่ดีจึงทำให้สินค้าเป็นที่นิยม ทางกลุ่มฯ จึงได้นำเทคโนโลยีเครื่องมือ อุปกรณ์มาช่วยในการผลิต เช่นเครื่องทับกล้วย เตอบพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น และในปี พ.ศ. 2554 ได้รับการสนับสนุนห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ จากโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานแบบยั่งยืนในชุมชน วัด และโรงเรียน เพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าพลังงานในการอบกล้วยอบมัน แต่เนื่องจากกรรมวิธีการอบด้วยห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์เดิมใช้หลักการอบด้วยการพาความร้อนจากแสงอาทิตย์ ยังต้องอาศัยช่วงเวลาและความร้อนจากแสงแดด ซึ่งไม่สามารถควบคุมแสงแดดที่มาจากรธรรมชาติได้ ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยจากการศึกษาอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ พบว่าอุณหภูมิจำนวน 4 ตำแหน่ง ตามระดับความสูงของการอบกล้วย ตำแหน่งที่ 1 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 62.05 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 73.24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 46.61 องศาเซลเซียส (ผันแปรตามความร้อนที่สะสมจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป) ,ตำแหน่งที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 59.29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 69.61 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 45.09 องศาเซลเซียส ,ตำแหน่งที่ 3 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 57.00 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 66.63 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 43.70 องศาเซลเซียส ,ตำแหน่งที่ 4 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 55.31

องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 64.49 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 42.66 องศาเซลเซียส สามารถสรุปข้อมูลเบื้องต้นได้ว่าตำแหน่งการอบที่สูงมีความสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักการที่ว่าอากาศภายในเครื่องอบแห้งเมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะมีความชื้นสัมพัทธ์และมีความหนาแน่นลดลงและลอยตัวขึ้น อากาศร้อนนี้จะพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วไหลออกจากห้องอบแห้งไปสู่อากาศแวดล้อม [1] โดยในช่วงเริ่มต้นการอบของห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาจากค่าต่ำสุด และที่สูงสุด คือตำแหน่งที่ 1 มีอุณหภูมิ เท่ากับ 46.61 องศาเซลเซียส และค่าที่ต่ำสุดคือตำแหน่งที่ 4 มีอุณหภูมิ เท่ากับ 42.66 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแตกต่างกันเพียง 3.95 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาจากค่าที่สูงสุดคือตำแหน่งที่ 1 มีอุณหภูมิ เท่ากับ 73.42 องศาเซลเซียส และค่าที่ต่ำสุดคือตำแหน่งที่ 4 มีอุณหภูมิ เท่ากับ 64.49 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันถึง 8.75 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่อมีการสะสมความร้อน อุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมมา มีการแจกแจงแบบปกติ ($P\text{-value} = 0.834 > 0.05$) จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พบว่าค่า $P\text{-value} = 0.001$ ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่ง ภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ก่อนการปรับปรุง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากรูปที่ 1 อุณหภูมิของแต่ละตำแหน่งที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยจะลดลงหากระดับของตำแหน่งการอบกล้วยต่ำลง ถึงแม้ว่าเมื่อเริ่มต้นการอบกล้วยมีอุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่งใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปอุณหภูมิในตำแหน่งที่ 4, 3, 2 และ 1 จะสูงขึ้นแตกต่างกันตามลำดับ



รูปที่ 1 ความแตกต่างของอุณหภูมิสะสมแต่ละตำแหน่งก่อนปรับปรุง

จากการศึกษาปัญหาพบว่าห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ ใช้เวลาในการสะสมอุณหภูมิเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ 60 องศาเซลเซียส ตามที่ต้องการ ซึ่งหลังจากนั้นอุณหภูมิจะเกิดการสะสมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงระยะเวลาชั่วโมงที่ 7 ตำแหน่งการอบกล้วยทั้ง 4 ตำแหน่ง มีอุณหภูมิสูงถึง 80, 76, 73 และ 71 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 75 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินกว่าที่ต้องการคือ 60 องศาเซลเซียส และหากสามารถรักษาระดับอุณหภูมิไม่เกินที่ต้องการได้จะทำให้คุณภาพของกล้วยอบมีคุณภาพตามที่ต้องการเป็นจุดที่สำคัญที่จะนำมาควบคุมในครั้งนี้

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติของห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ วิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ตามตำแหน่งการอบจริง ทั้งก่อน และหลังติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการถนอมอาหารที่มีมานานแล้ว [2] และปัจจุบันก็ยังนิยมใช้กันอยู่โดยกระบวนการถนอมอาหารส่วนใหญ่จะถูกทำให้แห้งโดยวิธีการตากแดด ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับความชื้นของผลิตภัณฑ์ สภาพอากาศ และเวลาในการตาก โดยการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการไหลเป็น 2 แบบ คือ การไหลของอากาศแบบธรรมชาติ (Natural convection) และการไหลของอากาศแบบบังคับ (Force convection) การประยุกต์รูปแบบการอบกล้วยด้วยเครื่องอบจำลองรูปแบบการทำงานของเครื่องไมโครเวฟร่วมกับสายพานลำเลียง โดยใช้กล้วยน้ำว้าเปลือกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งผลของงานวิจัยพบว่าคุณภาพกล้วยหลังการอบไม่แตกต่างจากการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ [3] การอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Natural จากการทดลองอบกล้วยน้ำว้าที่จะนำมาอบต้องสุกงอม เนื้อเป็นสีเหลือง เปลือกกรอบ ออกง่าย พบว่าจากความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 230 มาตรฐานแห้ง สามารถลดความชื้นลงให้เหลือประมาณร้อยละ 25 มาตรฐานแห้ง โดยใช้เวลา 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ตากโดยวิธีธรรมชาติจะพบว่ากล้วยภายในเครื่องอบ จะใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยกว่า 1 วัน และสีของกล้วยจะเข้มกว่ากล้วยที่ตากโดยวิธีธรรมชาติ [4] เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้พัดลมช่วยในการเคลื่อนที่ของอากาศจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในพื้นที่อบเฉลี่ยประมาณ 35 องศาเซลเซียส นั่นคือเพิ่มจาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 65 องศาเซลเซียส ซึ่งเพียงพอสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรโดยทั่วไป [5] การถ่ายเทความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งดีปลี โดยการทดลองด้วยตัวแปรคือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อัตราการไหลของอากาศ และปริมาณความชื้นสมดุลจากแบบจำลองกระบวนการอบแห้งแบบชั้นวาง [6] การอบแห้งเนื้อหมูแดดเดียวด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ชนิดที่มีวัสดุสะสมความร้อน พบว่าอัตราไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง โดยที่อัตราไหลของอากาศสูงจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่อัตราไหลของอากาศต่ำ [7] การพัฒนาตู้อบหย้าหวานโดยใช้แหล่งความร้อนจากก๊าซหุงต้มร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดความชื้นสุดท้ายในการอบอยู่ที่ร้อยละ 305 (w.b.) โดยใช้อุณหภูมิในการทดลองที่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของพัดลมดูดอากาศ 1,120, 1,400 และ 1,866 rpm. พบว่าการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในห้องอบเฉลี่ยอยู่ที่ 49.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 4.30 (w.b.) ใช้เวลาในการอบแห้ง 450 นาที เป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุด [8] เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งปลานิลด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ซึ่งเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมคือ ค่าความชื้นเปลือกพลังงานจำเพาะต่ำที่สุดและมีเงื่อนไขบังคับคือ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง อัตราการไหลอากาศ สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ และเวลาที่ใช้ในการอบ [9] การศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อการไหลเวียนของอากาศภายในห้องอบแห้งแสงอาทิตย์โดยศึกษาขนาดของพื้นที่เข้าออก และฟลักซ์ความร้อน ผลงานวิจัยยังพบอีกว่าอัตราส่วนสมดุล และ ฟลักซ์ความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน [10] การใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางสำหรับอบแห้งผักและผลไม้ ส่วนการทดสอบอบแห้งกล้วยน้ำว้าจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 65 เหลือร้อยละ 22 โดยมีวิธีการคือใช้ตู้อบลมร้อนแบบชั้นวาง อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง แล้วเก็บแบบหมักไว้ 10 ชั่วโมง และนำไปตากด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ อีก 2 วัน ซึ่งการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการทำแห้งถือว่าเป็นพลังงานสะอาดและประหยัดเวียง [11] เงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน ทำการอบแห้งโดยเลือกใช้อุณหภูมิอบแห้ง ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส

ที่กำลังรังสีอินฟราเรดคงที่ 1,000 W เทียบกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และทดสอบการซึม ผลจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลงเป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้นกับเวลา และพบว่าอุณหภูมิอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จะให้สีของขนุนมีความสว่างต่ำกว่าขนุนที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า และการทดสอบการซึมพบว่า อุณหภูมิที่ใช้ออบแห้ง 50-70 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อรสชาติของเนื้อขนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) [12] สมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งผลจากการทดสอบ การอบแห้งพริกพบว่าความเร็วลม 7.27 m/s เป็นความเร็วลมที่เหมาะสมต่อการรักษาอุณหภูมิที่ผลิตได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ยมากกว่า 50°C นานถึง 6 ชั่วโมง และการอบแห้งด้วยความเร็วลม 7.63 m/s เหมาะสมต่อการทำให้อุณหภูมิของตู้อบแห้งสูงกว่า 50°C ภายใน 2 ชั่วโมง [13] หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติ อากาศภายในเครื่องอบแห้งเมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะมีความชื้นสัมพัทธ์และมีความหนาแน่นลดลงและลอยตัวขึ้นสูงผ่านชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง อากาศร้อนนี้จะพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วไหลออกจากเครื่องอบแห้งไปสู่อากาศแวดล้อม [1] ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 องศาเซลเซียส จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องแห้ง $30-40$ องศาเซลเซียส ส่วนชนิดพาความร้อนแบบบังคับเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้มักมีแผงรับรังสีแยกออกจากตัวเครื่องและมีการหมุนวนที่ตัวเครื่องเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วยที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องแห้งจะอยู่ในช่วง $45-65$ องศาเซลเซียส ที่อัตราเร็วลม $0.56-0.94 \text{ m/s}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการมีระบบการพาความร้อนแบบบังคับ สามารถทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบสูงขึ้นกว่าห้องอบแบบปกติ จากการศึกษาโครงการพาราโบลาโดมของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่ารูปแบบโครงสร้างมีการออกแบบเช่นเดียวกับของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ โครงสร้างของห้องอบมีลักษณะรูปทรงแบบพาราโบลา แผ่นรับแสงโดยตรงทำด้วยโพลีคาร์บอเนตแบบใส แสงสว่างส่องผ่านได้ดี แต่รังสีความร้อนที่แผ่จากภายในห้องอบแห้งจะผ่านออกมาได้น้อย จึงทำให้เกิดผลเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ความร้อนส่วนใหญ่จึงถูกกักเก็บอยู่ภายในห้องอบแห้งมีประตูทางเข้า 1 ทาง พื้นคอนกรีต มีช่องอากาศเข้า ในกรณีที่อุณหภูมิการอบสะสมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมากกว่าที่ต้องการจะส่งผลต่อคุณภาพกล้วยอบ เนื่องจากความร้อนมาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และเมื่ออากาศร้อนภายในตู้อบแห้งจะเกิดการขยายตัว และหมุนเวียนเพื่อช่วยในการถ่ายเทอากาศ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ คือค่าความร้อน ความชื้นและเวลาในการอบ และอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมอยู่ที่ ประมาณ $50-60$ องศาเซลเซียส และหลักการพาความร้อนแบบบังคับ จะช่วยให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในห้องอบอยู่ที่ $45-65$ องศา [1] [7] เช่น การใช้พัดลมในการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบ เป็นต้น

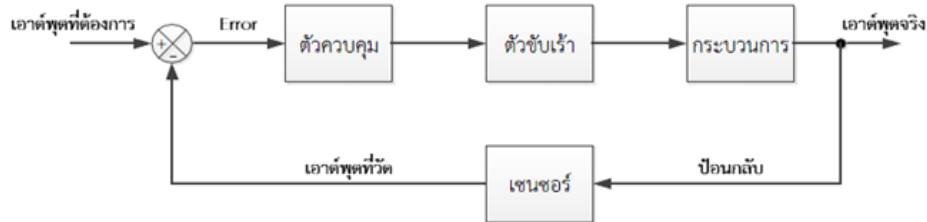
สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ใช้ระบบควบคุมแบบปิด เพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง $60-65$ องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ใช้อบกล้วยด้วยตู้อบแบบเดิม (แบบใช้แก๊สหุงต้ม) โดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิกระจายตามจุดต่าง ๆ ในห้องอบดังกล่าว เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิ และส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลด้วยระบบควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ หากอุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดพัลลภระบายอากาศภายในห้องจะทำงานเพื่อรักษาสภาพอุณหภูมิภายในห้องให้มีสภาพใกล้เคียงกับตู้อบแบบเดิม ซึ่งการอบกล้วยด้วยช่วงอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ได้คุณภาพของสินค้าที่ดี (กล้วยอบมัน)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวิธีดำเนินการวิจัยตามกรอบของวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนอย่างเป็นระบบคือ 1) การศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ 2) การปรับปรุงระบบการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ และ 3) การประเมินผลหลังการปรับปรุงระบบการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ อำเภอ

อุทก จัหวัดสุพรรณบุรีเป็นตัวอย่างในการทดลอง ด้วยการนำระบบควบคุมอัตโนมัติเข้ามาช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบในช่วงที่เหมาะสม และทำการปรับสมดุลของอุณหภูมิภายในห้องอบให้ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

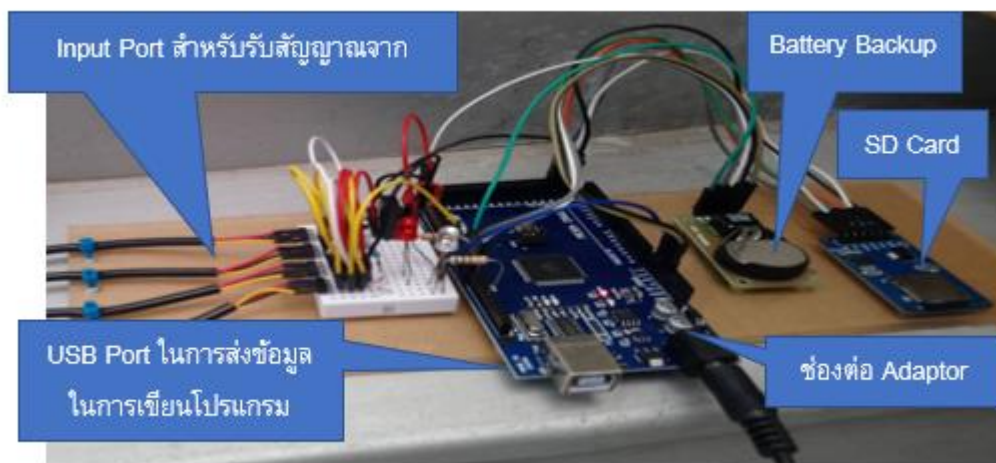
ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ หรือระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่มีการส่งงานไปยังเครื่องควบคุมแล้วมีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบและสั่งงานควบคุมปิด-เปิดระบบการระบายอากาศ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้พัฒนามาในการระบายอากาศเข้า และออกจากห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องอบไม่เกินที่ต้องการ



รูปที่ 2 ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบปิด

4.1 อุปกรณ์/เครื่องมือ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจะประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลพร้อมสายสัญญาณ ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องอบ โดยเป็นหัววัดแบบพิเศษที่สามารถแปลงค่าอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้แล้วส่งข้อมูลผ่านสายส่งสัญญาณออกในรูปแบบของ Text ที่เป็นตัวเลข ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลจะใช้บอร์ด Arduino MEGA ซึ่งจะควบคุมการทำงานด้วย CPU Micro Controller และเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งการให้ตัวบอร์ดทำงานโดยโหลดโปรแกรมผ่าน USB Port ชุด Input Port ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อรับข้อมูลจากเซนเซอร์ที่เป็นค่าอุณหภูมิที่วัดได้ เพื่อส่งไปยังหน่วยบันทึกข้อมูล (SD Card) ชุด Battery Backup สำหรับป้องกันการสูญหายของโปรแกรม หน่วยบันทึกข้อมูล (SD Card) สำหรับใช้เก็บบันทึกผลข้อมูล Adaptor 5 Vdc สำหรับจ่ายพลังงานใช้ชุดเก็บข้อมูล มีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้



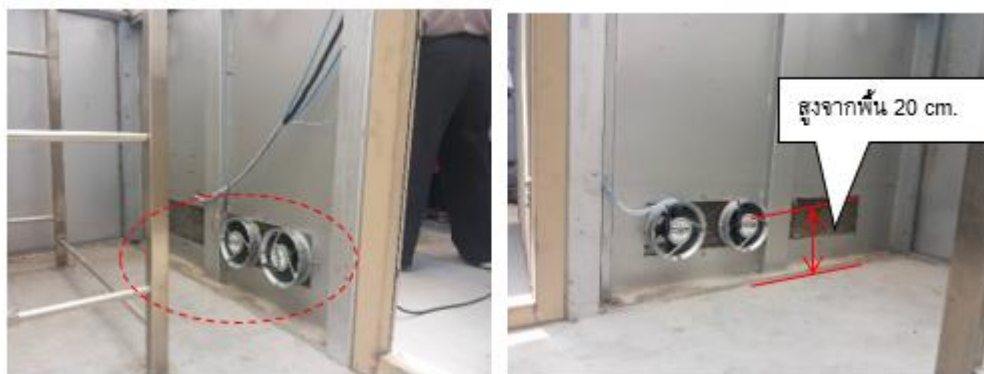
รูปที่ 3 ส่วนประกอบของอุปกรณ์บันทึกและควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์

การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของงานวิจัยนี้ ใช้พัฒนาม DC ประเภท Tachometer Sensor การไหลเวียนของอากาศ 225.98 CFM ความเร็ว 3050 RPM ประเภทแรงดัน 13 mmAq ความสูง 172 mm. ความลึก 51 mm ความกว้าง 172 mm. การจ่ายแรงดันที่ใช้งาน 24 VDC วัสดุของปลอกหุ้ม Aluminum ระดับ 9E Type

เพื่อปรับอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการพาอากาศภายนอกเข้าห้องอบจำนวน 4 ชุด และพาอากาศภายในห้องออกสู่ภายนอก จำนวน 4 ชุด เพื่อปรับสมดุลอุณหภูมิภายในห้องอบฯ



รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมพาอากาศร่อนออกจากห้องอบ



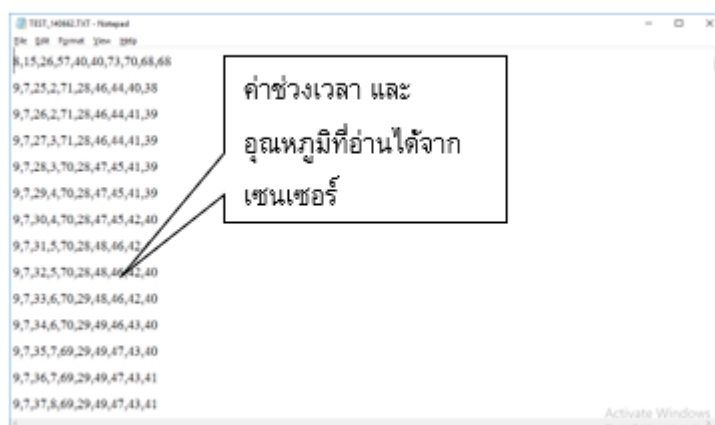
รูปที่ 5 ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมพาอากาศจากภายนอกเข้าห้องอบ

4.2 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลของงานวิจัยครั้งนี้คือ อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการอบกล้วยของงานวิจัยครั้งนี้ และใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติก่อนและหลังทำการปรับปรุง ด้วยการวัดค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์อ่านค่าแบบต่อเนื่อง และบันทึกผลด้วยความถี่ในการบันทึกค่าทุก ๆ 1 นาที ในวันที่มีการอบกล้วย ตำแหน่งการอ่านค่าอุณหภูมิ จำนวน 4 จุด ตามแนวระดับของชั้นวางผลิตภัณฑ์เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับอุณหภูมิการอบจริง โดยมีการระบุตำแหน่งเพื่อการบันทึกค่าดังนี้



รูปที่ 6 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์อ่านค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 7 ตัวอย่างผลการเก็บข้อมูลรูปแบบ Text file

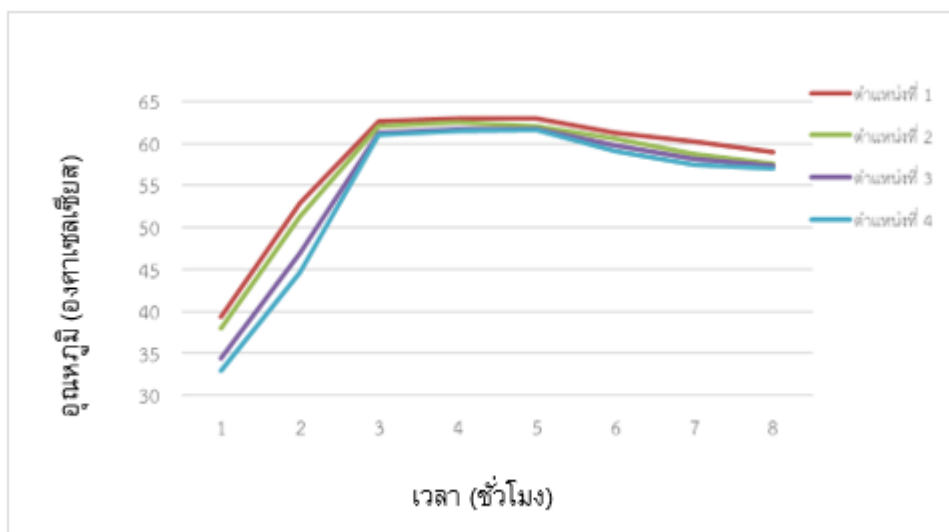
5. ผลการวิจัย

5.1 ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างของอุณหภูมิหลังจากปรับปรุงโดยมีตำแหน่งการตรวจวัดอุณหภูมิจำนวน 4 จุด ตั้งตำแหน่งเดิมที่มีการตรวจวัดก่อนการปรับปรุง มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ข้อมูลอุณหภูมิภายในห้องอบหลังมีการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 10 วัน ตามวันที่มีการอบกล้วยจากห้องอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์จริง โดยแบ่งตำแหน่งการตรวจวัดอุณหภูมิด้วยเซนเซอร์จำนวน 4 ตำแหน่ง มีระดับอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งดังต่อไปนี้ อุณหภูมิตำแหน่งที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ย 56.64 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 58.23 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 54.44 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิตำแหน่งที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 56.44 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 58.16 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 53.13 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิตำแหน่งที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ย 55.71 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 57.31 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 54.20 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิตำแหน่งที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ย 55.52 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 57.66 องศา

เซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 54.21 องศาเซลเซียส จากข้อมูลเบื้องต้นอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 4 จุด มีค่าสูงสุดไม่เกิน 60 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ย



รูปที่ 8 อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์หลังปรับปรุง

การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างอุณหภูมิแต่ละระดับ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ($P\text{-value} = 0.877 > 0.05$) จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่าค่า $P\text{-value} = 0.064$ มากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่ง ภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์หลังการปรับปรุง มีอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถึงแม้ว่าอุณหภูมิของแต่ละตำแหน่งที่วัดได้จากเซ็นเซอร์จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงหากระดับของการวัดลดลง และเพื่อเป็นการยืนยันระดับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ว่าสามารถควบคุมให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยได้ไม่เกินกว่าที่ต้องการหรือเท่ากับ 60 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ย จึงทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติพบว่าค่า $P\text{-value} = 0.001$ น้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถควบคุมให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอบมีอุณหภูมิไม่เกินกว่าที่ต้องการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. บทสรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์เนื่องจากระดับอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ของวิสาหกิจชุมชนโสมจันทร์ มีอุณหภูมิสะสมในระหว่างการอบกล้วยสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเกินกว่าที่ต้องการ งานวิจัยนี้จึงใช้ระบบการวัดอุณหภูมิด้วยเซ็นเซอร์ และใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการบันทึกค่า ประมวลผลและสั่งงานให้พัดลมช่วยในการระบายอากาศเข้าและออก เพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิภายในห้องอบไม่เกินกว่าที่กำหนด ผลของงานวิจัยพบว่า การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ พบว่าก่อนการปรับปรุงเพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในห้องอบตามที่ต้องการ (ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส) จะต้องมีการสะสมอุณหภูมิจากแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 3 ชั่วโมงโดยเฉลี่ย และหลังจากที่มีอุณหภูมิสูงตามต้องการแล้วอุณหภูมิจะมีการสะสมอย่างต่อเนื่องสูงถึง 75 องศาเซลเซียส โดยเฉลี่ย และพบว่าตำแหน่งในการอบกล้วยม้วนทั้ง 4 ตำแหน่ง มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังจากมีการเพิ่มระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติเข้าไป ช่วยให้อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในตำแหน่งการอบกล้วยม้วนทั้ง 4 ตำแหน่ง มีอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากมีการปรับปรุงระบบการควบคุมอุณหภูมิของตำแหน่งการอบกล้วยแต่ละระดับให้ไม่มีความแตกต่างกันแล้ว สมาชิกวิสาหกิจชุมชนจึง

สามารถทำการอบกล้วยได้เต็มประสิทธิภาพ คือสามารถอบกล้วยได้ครั้งละ 40 ถาดต่อวัน คิดเป็นกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 19,440 กิโลกรัมต่อปี และสามารถลดต้นทุนพลังงานจากการเปลี่ยนจากการใช้ตู้อบพลังงานจากแก๊สลงได้ประมาณ 54,189 บาทต่อปี

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ภายใต้โครงการวิจัยและนวัตกรรม เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานรากประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 โดยการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ผ่านเครือข่ายวิจัยอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และสมบัติ ทิมทรัพย์. “เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ”. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย*, 7(1), 2556. 23-31.
- [2] บงกช ประสิทธิ์ และสัทธยา ทองสาร. “ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ร่วมเซลล์แสงอาทิตย์”. *การประชุมวิชาการสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม.
- [3] คำนิง วาทยธธา. “การอบกล้วยด้วยเครื่องอบจำลองรูปแบบการทำงานของเครื่องอบไมโครเวฟร่วมกับสายพานลำเลียง”. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 33(6), 2545 : 11-15.
- [4] ชีระชัย ไชยศิริ บุญยงค์ วัฒนาโกศัย และวิโรจน์ ไรจนวิสูตร. “เครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์”. *ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 2532.
- [5] รัฐธิปไตย ปางวัชรารณ และ เมธิณี เหวซึ่งเจริญ. “การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์”. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร*. 33(6), 2532, 190-195.
- [6] จักรพรรณ์ ผิวสะอาด และชยพัทธ์ ภูสำเภา. “การถ่ายเทความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งดีปลี”. *SNRU Journal of Science and Technology*. 8(3), 2559, 365-378.
- [7] ถาวร อู่ทรัพย์ ญัฐพล ภูมิสะอาด และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร. “การอบแห้งเนื้อหมูแดดเดียวด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ชนิดที่มีวัสดุสะสมความร้อน”. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 32(4), 2555, 489-493.
- [8] ทวีศักดิ์ มหาวรรณ อัจฉรา จันท์ผิง และนิลวรรณ ไชยหนู. “การพัฒนาตู้อบกล้วยหวานโดยใช้แหล่งความร้อนจากก๊าซหุงต้มและพลังงานแสงอาทิตย์”. *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14*, 2556.
- [9] ธนกร หอมจำปา ทรงสุภา พุ่มชุมพล และอำไพศักดิ์ ทิบุญมา. “เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งปลาชนิดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์”. *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8*. จังหวัดมหาสารคาม, 2555.
- [10] ประพันธ์พงษ์ สมศิลา และอำไพศักดิ์ ทิบุญมา. “อิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์”. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 6(2), 2556, 46-54.
- [11] เวียง อากรณี ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ วิบูลย์ เทเพนทร์ อนุชา เชาวโชติ อุทัย ธานี และอัคคพล เสนาณรงค์. “การศึกษาการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางสำหรับอบแห้งผักและผลไม้”. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 22(1), 2559, 39-45.

[12] สุภวรรณ ภูริวณิชกุล จุฑารัตน์ ทะสระ เฉลิม ปานมา รัชนีกร นำชัย และยุทนา ภูริวณิชกุล. “ปัจจัยของเงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน”. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 14(3), 2554, 82-91.

[13] สุรัช อนุรักษ์ จันทร์ศรี. “การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล”. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 12(1), 2560, 1-10.