

ระบบควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องกำเนิดความร้อนสำหรับกระชายดำ Solar Drying Cabinet and Heat Generator Control System for Black Galingale

พิชกร ทุมคำ¹ ณัฐภูมิ มาลีลัย^{1*}
E-mail: nmaleelai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องกำเนิดความร้อนชนิดเหนียวนำ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นตัวกักเก็บความร้อน ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์และไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนในการวิเคราะห์เพื่อควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติซึ่งจะรับข้อมูลมาจากเซนเซอร์ DHT22 จำนวน 28 ตัว ระบบสามารถควบคุมความร้อนให้คงที่ตลอด 24 ชั่วโมงได้โดยควบคุมการทำงานของขดลวดไฟฟ้าเหนียวนำ พัดลมดูดอากาศ และพัดลมระบายอากาศ ใช้กระชายดำอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นผลการอบแห้งเร็วขึ้น การอบแห้งกระชายดำที่ 40 , 45 และ 50 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ค่ามวลสุดท้ายหลังการอบแห้งเป็น 94 กรัม 89 กรัม และ 25 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมวลของการตากแห้งแบบปกติคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เป็น 109.30%, 60.96% และ 30.12% ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระชายดำ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดความร้อนชนิดเหนียวนำ ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน

Abstract

The objective of this research is to design and development a temperature control system in a solar drying cabinet by an electric induction coil. A polycarbonate sheet was used to heat the collector of the solar drying cabinets. The electronics circuits and Arduino microcontroller are processors to control the temperature in the cabinet. The data of analysis will receive from 28 DHT22 sensors for analyzes. The system can control the heat constantly 24 hours by using the electric induction coil, exhaust fan, and ventilation fan. Black freckles are used in drying at different temperatures. When the drying temperature rises can dry is faster. The black freckles are dry at 40 °C, 45 °C and 50 °C, the final mass after drying are 94 grams, 89 grams, and 25 grams, respectively. When compares to the usual drying mass, the percentage result is 109.30%, 60.96%, and 30.12%, respectively.

Keywords: black galingale, solar drying cabinet, electric induction coil, arduino microcontroller

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานทดแทนในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการเพิ่มอัตราการใช้พลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรมระดับครัวเรือน (AEDP,2015) ซึ่งได้มีการนำเอาเทคโนโลยีต่างๆ มาผสมผสานเข้ากับใช้พลังงานทดแทนเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพประกอบที่ได้จากพลังงานทดแทนให้ได้ระดับสูงสุด ซึ่งตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจในภาคอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีวิธีการสร้างและหลักการที่ไม่ซับซ้อน และมีต้นทุนการสร้างที่ไม่สูงมาก อีกทั้งมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ต่ำอีกด้วย (นันทพงศ์ สิงห์ศร, 2557)

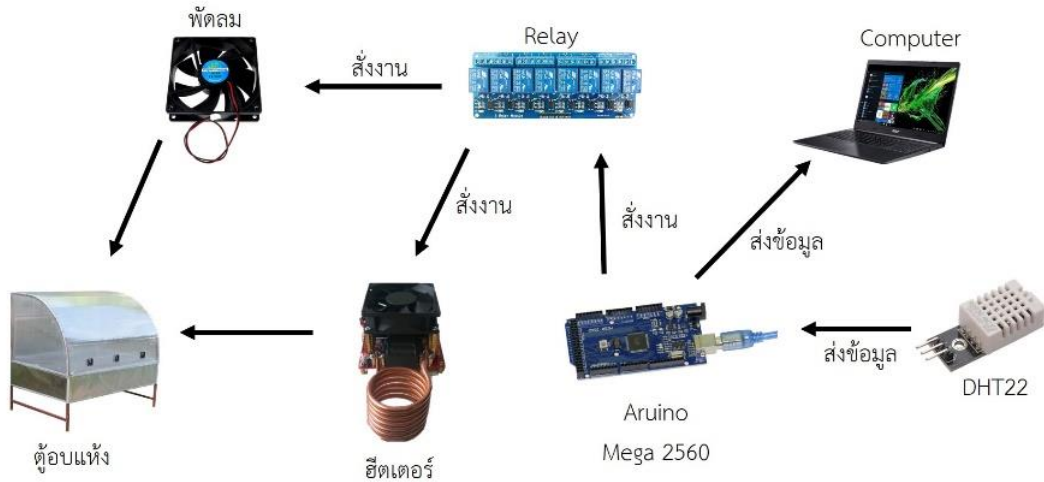
ซึ่ง ธรธิป ภูระหงษ์ และ บุญเยี่ยม ยศเรืองศักดิ์ (2556) ได้ทำการศึกษาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้พัดลมดูดและระบายอากาศ พบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ทุกช่วงที่ตู้อบแห้งสามารถทำได้ แต่ยังคงขาดระบบเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควบคุม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะผนวกเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องกำเนิดความร้อน (heater) เข้ากับการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการทำงานให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในกรณีที่อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุม

กระชายดำ (Black galingale) เป็นพืชสมุนไพรที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในจังหวัดเลย เพราะเป็นพืชที่มีราคาสูง กระชายดำที่แห้งแล้วยิ่งราคาสูงขึ้นมากและการทำงานที่จะทำให้กระชายดำแห้งนั้นเป็นเรื่องที่ยาก เพราะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้กระชายดำเกิดความเสียหายขณะทำให้แห้ง กระชายดำเป็นพืชสมุนไพรที่จังหวัดเลยปลูกอย่างแพร่หลายดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดทำโครงการวิจัยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อัตโนมัติซึ่งจะสามารถควบคุมอุณหภูมิของการอบแห้งให้คงที่ได้อย่างอัตโนมัติ โดยงานวิจัยนี้เป็น การผนวกความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครื่องกำเนิดความร้อนเข้ากับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ จะถูกสั่งการผ่านการเขียนโปรแกรมภาษาซี โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE จากนั้น Arduino สั่งงานให้ Relay ทำงานเพื่อให้พัดลมทำงานและจะให้ฮีตเตอร์ทำงานเมื่ออุณหภูมิในห้องอบแห้งต่ำกว่าที่กำหนด ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ มีระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดอาดูโน่เป็นตัวควบคุมการทำงาน ซึ่งอาดูโน่จะทำการรับค่าอุณหภูมิสั่งการให้รีเลย์เปิดการทำงาน ระบบการทำงานจะเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ (DHT22) ทั้งหมดส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) เพื่อประมวลผลเป็นค่าอุณหภูมิ วิเคราะห์ผลแล้วจึงสั่งการให้รีเลย์เปิดตัวเปิดการทำงานของพัดลม หรือสั่งงานฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนด



ภาพประกอบที่ 1 การเชื่อมต่อระบบของอุปกรณ์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการศึกษาได้คำนึงถึงประสิทธิภาพของการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องกำเนิดความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งได้เลือกกระชายดำมาใช้ในการทดลอง

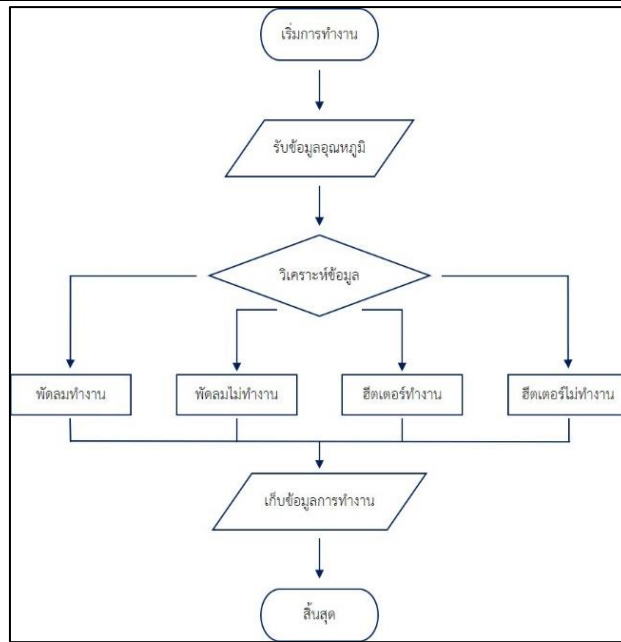
3. ศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดความร้อน ศึกษาฮีตเตอร์ในแบบต่างๆ ว่ามีแบบใดบ้างและการออกแบบเครื่องกำเนิดความร้อนว่าจะให้ฮีตเตอร์ซึ่งเป็นตัวกำเนิดความร้อนอยู่ในเครื่องกำเนิดความร้อนในลักษณะใด

4. สร้างเครื่องกำเนิดความร้อน ออกแบบให้เครื่องกำเนิดความร้อนมีช่องด้านข้างเพื่อให้ความร้อนสามารถออกมาได้ และมีผนังกันด้านบน บุด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน(โฟม) เพื่อไม่ให้ความร้อนลอยขึ้นมาโดนผลิตภัณฑ์ที่กำลังอบแห้งโดยตรง เพื่อไม่ให้ความร้อนโดนผลิตภัณฑ์โดยตรง เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์

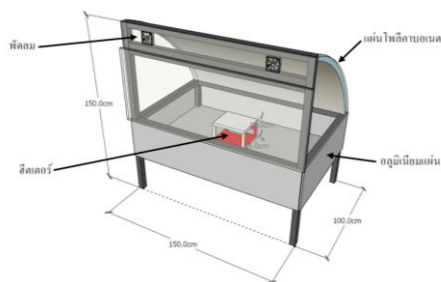
5. ทดสอบหาค่าความถูกต้องของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (Calibration test) ทำการเปรียบเทียบเซนเซอร์ DHT22 ของระบบควบคุมอุณหภูมิ เทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่มีความแม่นยำสูง เพื่อคำนวณหาค่าที่จะต้องชดเชยในตัวเซนเซอร์และความเที่ยงตรงของเซนเซอร์

6. ทดสอบเครื่องกำเนิดความร้อน ทดสอบเครื่องกำเนิดความร้อนโดยวัดอุณหภูมิ ในแต่ละตำแหน่งรอบเครื่องกำเนิดความร้อนเพื่อดูการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่ง

7. สร้างระบบและตู้อบแห้ง สร้างระบบควบคุมอุณหภูมิของตู้อบแห้งกระชายดำอัตโนมัติ เครื่องกำเนิดความร้อนเป็นชนิดไฟฟ้าควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่



ภาพประกอบที่ 2 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ



(ก)



(ข)

ภาพประกอบที่ 3 (ก) โครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (ข) ตู้อบแห้งที่สร้างขึ้น

8. ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิที่ 40,45 และ 50 องศาเซลเซียส
9. ทดสอบอบแห้งกระชายดำด้วยระบบอัตโนมัติ ทดสอบการอบแห้งกระชายดำที่อุณหภูมิ 40,45 และ 50 องศาเซลเซียส
10. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย ระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่สร้างขึ้น โดยใช้ Arduino Mega 2560 มาใช้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ และใช้เซ็นเซอร์ DHT22 มาเก็บค่าความชื้นและอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะสอบเทียบค่ามาตรฐานของความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์รุ่น Testo 625

11. การเก็บรวบรวมข้อมูล

11.1 การทดสอบเครื่องกำเนิดความร้อน วัดอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งรอบเครื่องโดยเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิในตู้กับอุณหภูมิภายนอกตู้เพื่อดูว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยมีตำแหน่งวัดอุณหภูมิห่างกัน 10 เซนติเมตร



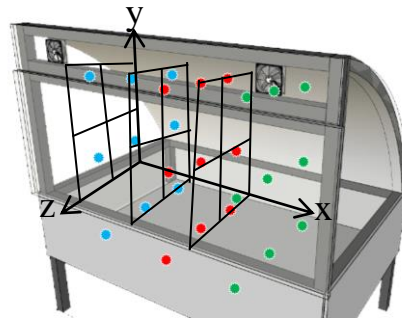
(ก)



(ข)

ภาพประกอบที่ 4 (ก) เครื่องทำความร้อนฮีตเตอร์ครีบ (ข) เครื่องทำความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

11.2 การทดสอบประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพประกอบที่ 5 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในตู้อบแห้ง

จุดสีคือตำแหน่งวัดอุณหภูมิในตู้อบแห้งโดยมีตำแหน่งเซ็นเซอร์ DHT22 ในตู้อบแห้งทั้งหมด 27 ตำแหน่ง

- วัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้
- วัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ขณะตั้งกลางแจ้ง

11.3 การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

- ทดสอบการตอบสนองของระบบ
- ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้คงที่
- ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้คงที่ขณะตั้งกลางแจ้ง

11.4 การทดสอบการอบแห้งกระชายดำ

- ทดสอบการอบแห้งกระชายดำด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- ทดสอบการอบแห้งกระชายดำด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิ
- การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

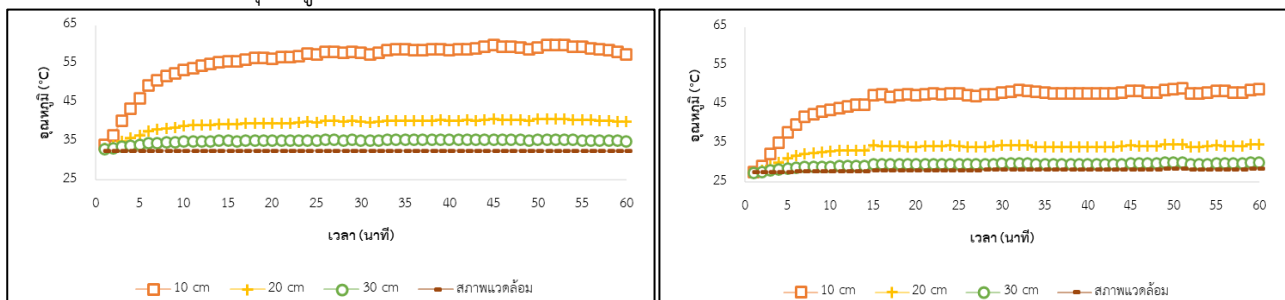
12. วิเคราะห์และสรุปผล วิเคราะห์ผลจากกราฟของอุณหภูมิที่ทำการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

ผลการศึกษา

1. วัดอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งรอบเครื่องกำเนิดความร้อน

วัดอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งรอบเครื่องกำเนิดความร้อนโดยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิสภาพแวดล้อม เพื่อดูว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นเวลา 60 นาที เพื่อใช้เปรียบเทียบชนิดเครื่องกำเนิดความร้อนที่เหมาะสมกับระบบที่สุด

1.1 การวัดอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งรอบเครื่องกำเนิดความร้อนชนิดฮีตเตอร์ครีป

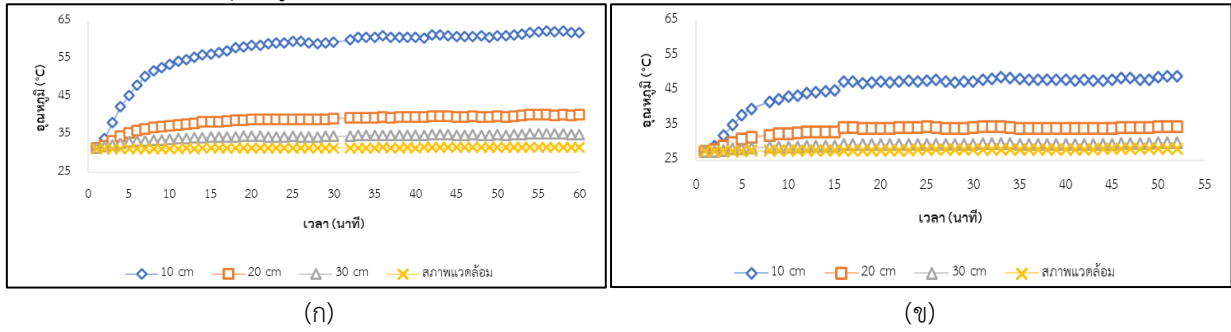


(ก)

(ข)

ภาพประกอบที่ 6 แสดงค่าอุณหภูมิในตู้อบแห้งจากเครื่องกำเนิดความร้อนชนิดฮีตเตอร์ครีป (ก) แนวแกน X (ข) แนวแกน Z

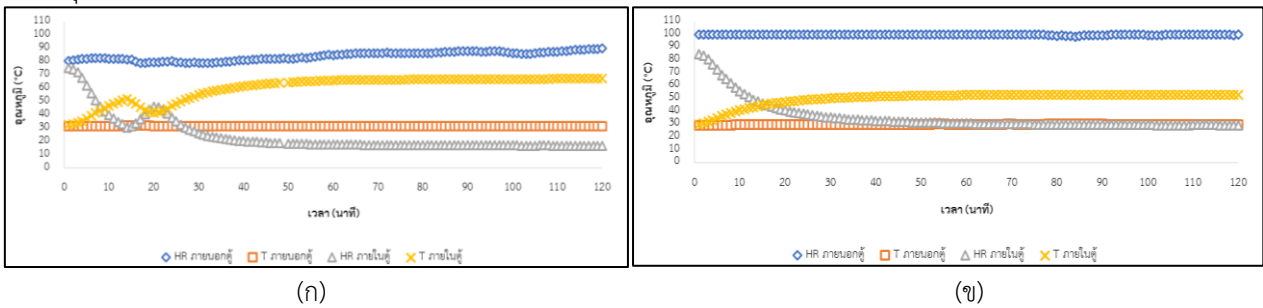
1.2 การวัดอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งรอบเครื่องกำเนิดความร้อนชนิดเหนียวนำ



ภาพประกอบที่ 7 แสดงค่าอุณหภูมิในตู้อบแห้งจากเครื่องกำเนิดความร้อนชนิดเหนียวนำ (ก) แนวแกน X (ข) แนวแกน Z

1.3 การทดสอบประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

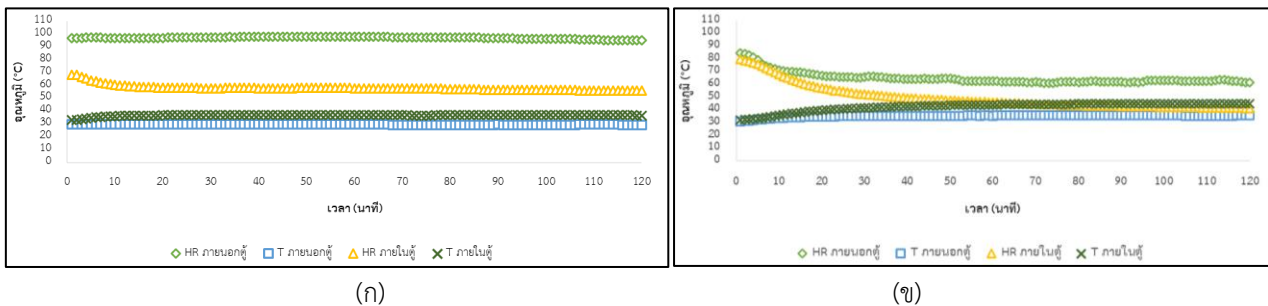
วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น (HR) ภายในตู้และนอกตู้ เพื่อเปรียบเทียบหาชนิดเครื่องกำเนิดความร้อนที่เหมาะสมกับระบบที่สุด



ภาพประกอบที่ 8 ค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้และภายนอกตู้ (ก) ของฮีตเตอร์ครีป (ข) ของฮีตเตอร์ชนิดเหนียวนำ

จากกราฟอุณหภูมิฮีตเตอร์ครีปมีการหยุดทำงาน ทำให้ไม่สามารถควบคุมได้ แต่ฮีตเตอร์เหนียวนำมีการทำงานและให้ค่าอุณหภูมิคงที่ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ฮีตเตอร์เหนียวนำในการใช้งาน

1.4 ทดสอบการใช้พัดลม



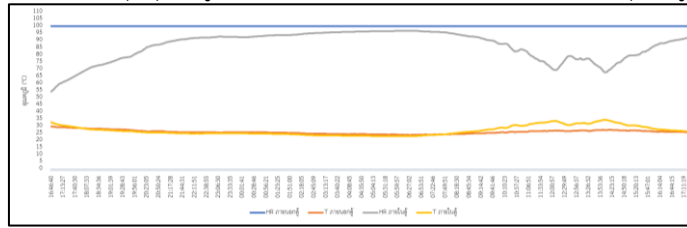
ภาพประกอบที่ 9 วัดค่าอุณหภูมิ (T) และความชื้น (HR) ภายในและภายนอกตู้ (ก) ใช้พัดลมทั้งจุดและระบายอากาศ (ข) ใช้พัดลมระบายอากาศอย่างเดียว

จากกราฟเปิดทั้งพัดลมดูดและระบายจะส่งผลให้อุณหภูมิลดลงเนื่องจากพัดลมดูดอากาศเย็นด้านนอกเข้ามาในตู้อบแห้งและความชื้นก็เพิ่มด้วย แต่เมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ความชื้นลดลงซึ่งมีความสำคัญสำหรับการอบแห้งเป็นอย่างมาก

1.5 การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

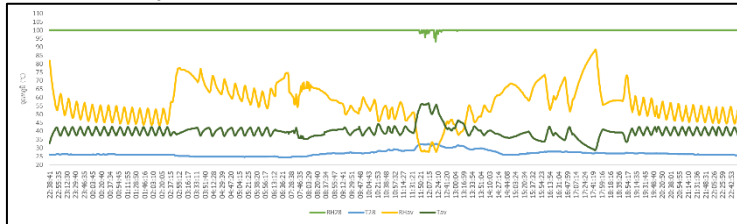
ผู้วิจัยต้องการให้อุณหภูมิในการทำงาน ทำงานในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดอย่างให้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสระบบจะมีการทำงานในช่วง ± 2 องศาเซลเซียส โดยฮีตเตอร์เริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 48 องศาเซลเซียส ฮีตเตอร์หยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิถึง 52 องศาเซลเซียส เพื่อไม่ให้เครื่องทำงานหนักจนเกินไป และลดการเกิดความเสียหายกับเครื่องกำเนิดความร้อน

ทดสอบตู้อบแห้งไม่ควบคุมอุณหภูมิ 24 ชั่วโมง HR คือค่าความชื้นและ T คืออุณหภูมิ



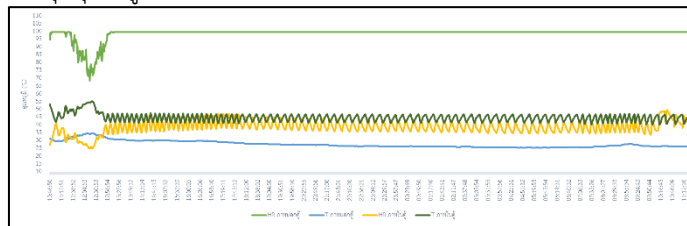
ภาพประกอบที่ 10 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง HR คือค่าความชื้นและ T คืออุณหภูมิ



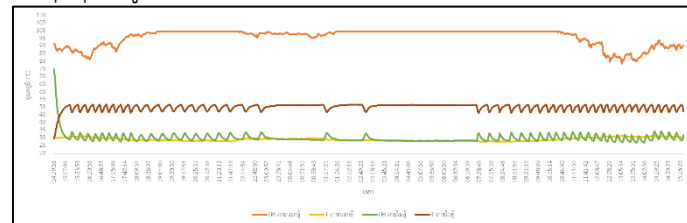
ภาพประกอบที่ 11 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งขณะทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส

ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง HR คือค่าความชื้นและ T คืออุณหภูมิ



ภาพประกอบที่ 12 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งขณะทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส

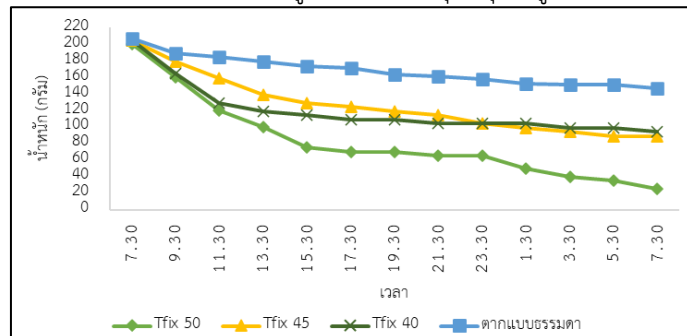
ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง HR คือค่าความชื้นและ T คืออุณหภูมิ



ภาพประกอบที่ 13 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งขณะทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส

1.6 ทดสอบการอบแห้งผลิตภัณฑ์ (กระชายดำ)

นำกระชายดำมวลเริ่มต้นที่ 200 กรัม มาอบภายในตู้อบแห้งที่ควบคุมที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบที่ 14 การลดลงของมวลกระชายดำที่อบด้วยระบบควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องกำเนิดความร้อนสำหรับกระชายดำ ที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส

จากกราฟจะเห็นได้ว่าการอบแห้งด้วยระบบควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องกำเนิดความร้อน สำหรับกระชายดำ มีการลดลงของมวลผลิตภัณฑ์มากกว่าการตากแห้งแบบธรรมดา

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบมวลของการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40,45 และ 50 องศาเซลเซียส

ตารางเปรียบเทียบมวลของการอบแห้ง 24 ชั่วโมง วัตต์ค่าทุก ๆ 2 ชั่วโมง									
เวลา(ชั่วโมง:นาที)	40 องศาเซลเซียส			45 องศาเซลเซียส			50 องศาเซลเซียส		
	อบด้วย ตู้อบแห้ง	ตากแบบ ธรรมดา	เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบ	อบด้วย ตู้อบแห้ง	ตากแบบ ธรรมดา	เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบ	อบด้วย ตู้อบแห้ง	ตากแบบ ธรรมดา	เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบ
0:00	204	204	100.0	204	206	99.0	200	200	100.0
2:00	164	148	110.8	179	189	94.7	160	180	88.9
4:00	129	121	106.6	159	184	86.4	120	134	89.6
6:00	119	113	105.3	139	178	78.1	100	113	88.5
8:00	114	107	106.5	129	173	74.6	75	96	78.1
10:00	109	102	106.9	124	171	72.5	70	94	74.5
12:00	109	99	110.1	119	163	73.0	70	94	74.5
14:00	104	97	107.2	114	161	70.8	65	92	70.7
16:00	104	95	109.5	104	157	66.2	65	89	73.0
18:00	104	94	110.6	99	152	65.1	50	87	57.5
20:00	99	92	107.6	94	151	62.3	40	85	47.1
22:00	99	91	108.8	89	151	58.9	35	85	41.2
0:00	94	86	109.3	89	146	61.0	25	83	30.1

สรุปและอภิปรายผล

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันสามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 34 องศาเซลเซียส กลางคืนทำอุณหภูมิได้ 26 องศาเซลเซียส หลังใช้ระบบควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องกำเนิดความร้อน สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 53 องศาเซลเซียสในตอนกลางวันและ 52 องศาเซลเซียสในตอนกลางคืน ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ตามที่กำหนด ผลการทดสอบการอบแห้งกระชายดำที่ 40 , 45 และ 50 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ค่ามวลสุดท้ายหลังการอบแห้งเป็น 94 กรัม 89 กรัม และ 25 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมวลของการตากแห้งแบบปกติคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เป็น 109.30%, 60.96% และ 30.12% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนงบประมาณทุนการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ที่อุบลราชธานีเครื่องมือในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กุลยศ สุวันทโรตน์. (2550). การศึกษาและปรับปรุงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- กรรณิการ์ บุตรเอก และคณะ. (2546). สารประกอบฟีนอลิก, โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม.
- เปรมประชา ดรชัย และมณฑล วชิรโกเมน. (2549). การพัฒนาออกแบบอุปกรณ์ให้ความร้อนภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อรัญญา ศรีบุคราคัม. (2543). กระชายดำกับสมรรถภาพทางเพศชาย, สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ ธนภัทร สุวรรณภูฏ. (2550). การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งควยลมรอนและลมร้อนรวมรังสีอินฟราเรด. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- ธราธิป ภูระหงษ์ และ บุญเยี่ยม ยศเรืองศักดิ์. (2556). การออกแบบและหาประสิทธิภาพตู้อบแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิ. รายงานการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 6. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นัทพงศ์ สิงห์ศร. (2557). ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำจากแผ่นโพลีคาบอเนต, (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี