

การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการ
ประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน : กรณีศึกษาการ
อบแห้งลำไยบ้านท่ากลอย อำเภอท่าตะเียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

**Echancement of Thermal Efficiency in Solar Dryer by Application of
Composite Phase Change Materials for Thermal Energy Storage
: Case Study of Longan Drying in Ban Tha Kloy, Tha
Takiab District, Chachoengsao Province**

จักรพันธ์ ปิ่นทอง,

ศรินยา ประทีปชนะชัย และ ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

Jakaphan Pinthong,

Sarinya Prateepchanachai and Nattapat Kanchanaruangrong

Rajabhat Rajanagarindra University, Thailand

Corresponding Author, E-mail: sarinya@techno.rru.ac.th

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน : กรณีศึกษา การอบแห้งลำไยบ้านท่ากลอย อำเภอ ท่าตะเียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น 2) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน และ 3) เพื่อศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่เหมาะสมและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มจากอาสาสมัครในชุมชนบ้านท่ากลอย จำนวน 30 คน ประกอบด้วยหัวหน้าหมู่บ้าน สมาชิกหมู่บ้าน และบุคคลทั่วไปที่สนใจ เป็นกลุ่มตัวแทนสำหรับการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนในการประยุกต์ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสนทนาด้วยคำถามปลายเปิดแบบไม่มีโครงสร้างชัดเจน ด้านข้อมูลทั่วไปทางด้านข้อมูลกายภาพของพื้นที่ ข้อมูลด้านสังคม ปัญหาและความต้องการในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของชุมชน และแนวทางการบริหารจัดการผลผลิตทางการเกษตร การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิจัยพบว่า ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเพื่อ

* วันที่รับบทความ : 24 ตุลาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ 9 ธันวาคม 2567; วันที่ตอบรับบทความ : 10 ธันวาคม 2567

ทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น เนื้อล้าโยบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสระหว่างพาราฟินผสมหินภูเขาไฟที่อัตราส่วน 2 : 1 มีความเหมาะสมที่สุด ค่าจุดหลอมเหลว และความร้อนแฝงเท่ากับ 79.9 องศาเซลเซียส และ 89.6 จูลต่อกรัม การใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีผลต่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งเฉลี่ย 40 - 50 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 16 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสสามารถลดระยะเวลาอบแห้ง เท่ากับ 6 ชั่วโมง คิดเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตล้าโยบแห้งร้อยละ 73 ในด้านคุณภาพของสี ผลการศึกษาพบว่า เนื้อล้าโยบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสและไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสช่วยกักเก็บความร้อนในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าเนื้อล้าโยบที่จำหน่ายโดยทั่วไป และค่าการหดตัวร้อยละ 86 และมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีไม่เกิน 0.6

คำสำคัญ: ล้าโยบ; วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส; เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This research focuses on enhancing thermal efficiency in solar drying machines by applying phase change composite materials as heat storage. The case study involves longan drying in Ban Tha Kloi, Tha Takiap District, Chachoengsao Province. The objectives are: 1) to study the thermal and chemical properties suitable for developing phase change composite materials to serve as heat storage in the solar drying machine, 2) to design and construct a solar drying machine using phase change composite materials, and 3) to examine the quality of dried longan and analyze the efficiency of the drying process using the solar drying machine combined with phase change composite materials. A sample of 30 volunteers from the Ban Tha Kloi community, including village leaders, members, and interested individuals, was selected to participate as representatives for knowledge transfer regarding the developed solar drying machine. Data were collected through open-ended interviews to gather physical, social, and production-related information and analyzed using percentages, averages, and standard deviations. The results revealed that the phase change composite materials consisting of paraffin and volcanic rock in a 2:1 ratio were most suitable, with a melting point of 79.9°C and latent heat of 89.6 J/g. The use of phase change composite materials maintained an average drying temperature of 40–50°C, reducing drying time to 16 hours, which was 6 hours less than without phase change composite materials, improving efficiency by 73%. The dried longan exhibited higher red (a^*) and yellow (b^*) color values compared to commercially available products, with 86% shrinkage and water activity below 0.6, meeting standard requirements. This study demonstrates that integrating phase change composite materials in solar drying machines significantly enhances efficiency and product quality, providing a practical and scalable solution for local agricultural processing.

Keywords: Longan; Phase change composite material; Solar dryer

บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่แหล่งพลังงานหลักมาจากฟอสซิลที่ยังใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยขึ้นอยู่กับรูปของเชื้อเพลิงในการขนส่งและการผลิตไฟฟ้า ซึ่งฟอสซิลเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่อย่างไรก็ตามจากการใช้ฟอสซิลที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดปัญหาด้านพลังงาน เช่น ราคาปิโตรเลียมและเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ตลอดจนสาธารณูปโภคต่าง ๆ ได้เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้ประชากรสนใจในการแสวงหาพลังงานหรือพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้มาจากธรรมชาติ (กันยรัตน์ โหละสุต และคณะ, 2551 : 258 - 261) เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานดังกล่าว พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนรูปแบบหนึ่งที่นำมาเป็นพลังงานหลักในแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดเกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์ซึ่งมีเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานอื่นมาช่วยเสริมเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนในช่วงเวลาตอนเย็น โดยได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาช่วยควบคุมให้มีให้เกิดความร้อนในเครื่องอบแห้งที่สูงกว่าสภาพแวดล้อมในตอนกลางคืนที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งในกรณีนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนค่าไฟฟ้าและพลังงานในการผลิตโดยเฉลี่ย 377.42 บาทต่อการอบลำไยเนื้อสีทอง 1 ครั้ง ซึ่งใช้ลำไยสดขนาด AA และ A จำนวน 1,200 กิโลกรัม) (สรยุทธชัย ชิวสุทธิศิลป์ และคมศักดิ์ หารไชย, 2557 : 7 - 15) จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุที่เก็บความร้อน (Phase change materials; PCM) ซึ่งทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเวลากลางวัน และใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนเฟสของวัสดุเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งให้เหมาะสมต่อสภาพของการอบแห้งและใช้งานได้นานขึ้น (พิระ วิจะสิกะ และคณะ, 2564 : 34 - 42)

จากบทบาทของการบริการวิชาการแก่ชุมชนที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้มีการลงพื้นที่เพื่อสำรวจปัญหาของชุมชนบ้านท่ากลอย อำเภอน้ำเตาะเงียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อเก็บข้อมูลจากเกษตรกร และดำเนินการสำรวจข้อมูลสภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานในการประกอบอาชีพทางการเกษตรของอำเภอน้ำเตาะเงียบ ในปี พ.ศ. 2564 พบว่าเกษตรกรมีการเพาะปลูกลำไยจำนวน 51 ครัวเรือน ใช้พื้นที่ปลูกจำนวน 1,098 ไร่ รองลงมา คือ มะม่วง และกล้วย (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ออนไลน์, 2564) ในปี พ.ศ. 2563 พบว่าจังหวัดฉะเชิงเทรามีกำลังการผลิตลำไยคิดเป็นผลผลิต ปริมาณ 2,510 ตัน/ปี (ผลผลิตเฉลี่ย 1,416 กิโลกรัม/ไร่) (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ออนไลน์ : 2563) ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์ประเด็นในด้านความคิดเห็นของเกษตรกรในการจำหน่ายผลผลิตลำไยสดที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน พบว่าการรับซื้อผลผลิตลำไยมีราคาค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขนาดไม่ได้มาตรฐาน ผลร่วงแตก หรือช่วงผลผลิตกำลังล้นตลาดทำให้มีราคาถูก ราคาโดยเฉลี่ย 25 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรจึงมีความต้องการแปรรูปผลผลิตลำไย จากการบริโภคสดมาเป็นการแปรรูปเพื่อ

บริโภคได้หลายรูปแบบ และยังไม่ก่อให้เกิดของเสียระหว่างการขนส่ง เนื่องจากลำไยมีการส่งจำหน่ายต่างจังหวัด และขนส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ จากข้อมูลในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2564 มีปริมาณการส่งออกสินค้าลำไยสด ปริมาณ 235,069.65 ตัน สามารถทำรายได้เข้าประเทศไทยมูลค่า 291.59 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 10,990,027,100.00 บาท (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, ออนไลน์, 2564) เพราะประเทศอื่น ๆ เช่น จีน และเวียดนาม ยังมีปริมาณการผลิตน้อยและคุณภาพผู้ผลิตภัณฑ์ของประเทศไทยไม่ได้ จึงทำให้ลำไยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบันและอนาคต ปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องแก้ไขการค้าลำไยในเชิงพาณิชย์ให้แก่เกษตรกร โดยการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา เกิดการวางแผนการจำหน่ายและส่งเสริมการส่งออกแบบยั่งยืนให้แก่เกษตรกรในชุมชน แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรในชุมชนบ้านท่ากลอยยังคงประสบปัญหาขาดแคลนเครื่องอบแห้งที่มีประสิทธิภาพ และองค์ความรู้ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง ดังนั้นเครื่องอบแห้งต้นแบบที่ผู้วิจัยจะดำเนินการออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้ ช่วยทำให้การจัดการในกระบวนการผลิตทางการเกษตรที่เป็นต้นน้ำให้เกิดประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีปริมาณเพียงพอในการขยายไปสู่เชิงพาณิชย์

ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเรื่องวัสดุเปลี่ยนเฟสจำนวนมากเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยของกันยรัตน์ โหละสุต และคณะ (2551 : 258 - 261) ศึกษาวัสดุเปลี่ยนเฟสระหว่างพาราฟินกับน้ำมันก๊าด สามารถช่วยในการกักเก็บพลังงานความร้อนแฝงและประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ต่อมาในงานวิจัยของสุพล แนวตัน (2555 : 120) ศึกษาการใช้ทราย เกลือ และซีเมนต์เป็นวัสดุกักเก็บความร้อนมาใช้ร่วมกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการกักเก็บสะสมความร้อนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกลือมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม มีสภาพการนำความร้อนสูงเมื่อเทียบกับวัสดุอินทรีย์ เมื่อเกิดการเปลี่ยนเฟสจะมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเพียงเล็กน้อยจึงไม่เป็นปัญหาต่อบรรจุภัณฑ์ งานวิจัยของสุพัต มาลาสาย และกันยรัตน์ โหละสุต (2559 : 61 - 65) เลือกใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสระหว่างพาราฟินกับวาสลีนมีค่าจุดหลอมเหลว ค่าความร้อนแฝง และการละลายเหมาะสมที่สุดสำหรับการกักเก็บความร้อน และช่วยเพิ่มเวลาในการปลดปล่อยพลังงานได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก งานวิจัยของวิรัชรอง แสงอรุณเลิศ และคณะ (2562 : 132 - 136) ศึกษาสมบัติของวัสดุเปลี่ยนเฟสเตรียมจากกรดสเตียริกผสมพาราฟิน พบว่ามีอุณหภูมิการหลอมเหลว ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และค่าการกลายเป็นของแข็งที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุเปลี่ยนเฟสสำหรับกักเก็บความร้อน และงานวิจัยของพิภพ แซ่ตั้ง และคณะ (2562 : 1 - 8) ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมโดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกักเก็บพลังงานความร้อน ส่งผลให้ประสิทธิภาพของผลผลิตที่ได้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าการตากแดด นอกจากนี้งานวิจัยของ Rahmalina et al. (2022 : 53 - 61) เลือกใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกักเก็บพลังงานความร้อนร่วมกับพาราฟินเนื่องจากมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี

และมีราคาไม่แพง สามารถช่วยปลดปล่อยและกักเก็บพลังงานความร้อนได้ดีกว่าการใช้พาราฟินเพียงอย่างเดียว จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการเลือกใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสจำเป็นต้องมีสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเฉพาะการใช้พาราฟินเป็นวัสดุหลักเพราะมีสมบัติในการกักเก็บปริมาณความร้อนที่ดีที่สุด มีช่วงเวลาของการหลอมเหลวที่เหมาะสมกับงานที่จะนำไปใช้ ไม่เป็นพิษ ใช้งานง่าย ในสภาพความดันบรรยากาศ มีความเสถียรและทนทานต่อการเสื่อมสภาพ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและระบบที่ใช้งาน และสามารถเปลี่ยนสถานะได้โดยไม่มีการเสื่อมสภาพเมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาวัสดุเปลี่ยนเฟสประเภทพาราฟินเป็นวัสดุหลักในการกักเก็บความร้อน โดยนำมาพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เหมาะสมที่สุดกับผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง พาราฟินเป็นวัสดุที่หาง่ายและราคาไม่แพงในการนำมาใช้งาน พาราฟินเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสูตรโมเลกุล C_nH_{2n+2} โดยพาราฟินที่มี $C_{5n} - C_{15}$ จะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ถ้าจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่า 15 จะมีเฟสเป็นของแข็ง พาราฟินเป็นวัสดุเปลี่ยนเฟสที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 23 – 67 องศาเซลเซียส (กันยรัตน์ โหละสุต และคณะ, 2551 : 258; พิระ วิจะสีกะ และคณะ, 2564 : 34) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม อย่างไรก็ตามวัสดุเปลี่ยนเฟสที่ดีและนิยมนำมาใช้งานนั้น จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยเมื่อมีการเปลี่ยนเฟส และไม่เป็นพิษ โดยเฉพาะการนำมาใช้กับการอบแห้ง

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสที่เตรียมจาก พาราฟิน และหินภูเขาไฟที่อัตราส่วนโดยมวลต่าง ๆ เปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนและเคมี (จุดหลอมเหลว ความร้อนแฝง) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวกักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นราคาไม่แพง ทนทาน ซึ่งเป็นการเผยแพร่ความรู้ของงานวิจัยสู่ชุมชนอีกทางหนึ่ง และดำเนินการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นการศึกษาลำไยเป็นกรณีตัวอย่างการอบแห้ง และคำนวณจากประสิทธิภาพกระบวนการผลิต (ระยะเวลาการกักเก็บความร้อน เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และคุณภาพของลำไยอบแห้ง และวอเตอร์แอกทิวิตี) เพื่อวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิตของการผลิตลำไยอบแห้ง เนื่องจากผู้วิจัยเคยลงพื้นที่สำรวจปัญหาของชุมชนบ้านท่ากลอย อำเภอท่าตะเียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา และดำเนินการพัฒนาเชิงพื้นที่มาก่อน พบว่ากำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตล้นตลาดและราคาตกต่ำ ดังที่เคยกล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำลำไยสดมาอบแห้งด้วยวิธีการตากแดดพบว่ามีการใช้เวลาในกระบวนการอบแห้งที่ค่อนข้างนาน ทำให้ไม่สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้ทันตามที่ต้องการ และยังไม่สามารถแข่งขันทางการตลาดได้ ซึ่งคาดหวังว่าเครื่องอบแห้งต้นแบบนี้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าโดยการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีการอบแห้งในกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และเพิ่มช่องทางการตลาดให้แก่ชุมชน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเพื่อทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น
2. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน : กรณีศึกษา การอบแห้งลำไยบ้านท่ากลอย อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีการดำเนินงานวิจัยโดยสังเขป ดังนี้



รูปที่ 1 ระเบียบวิธีวิจัยโดยสังเขป

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรและผู้ที่มีความสนใจในประเด็นการเพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปสินค้าเกษตรของชุมชนบ้านท่ากลอย อำเภอท่าตะเียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา กำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มตัวอย่างจากอาสาสมัครจากสมาชิกบ้านท่ากลอย จำนวน 30 คน ประกอบด้วย หัวหน้าหมู่บ้าน สมาชิกหมู่บ้าน และบุคคลทั่วไปที่สนใจ เป็นกลุ่มตัวแทนสำหรับการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนในการประยุกต์ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

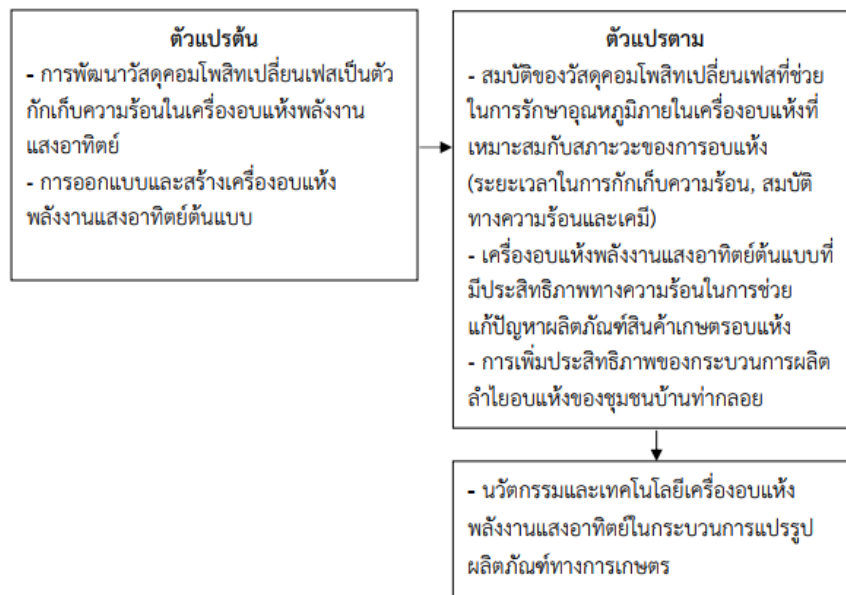
การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสนทนาด้วยคำถามปลายเปิดแบบไม่มีโครงสร้างชัดเจน เพื่อแสดงความคิดเห็นร่วมกันเกี่ยวกับการประกอบอาชีพค้าขายลำไยในปัจจุบัน โดยคำถามแบ่งออกเป็นข้อมูลทั่วไปทางด้านข้อมูลกายภาพของพื้นที่ ข้อมูลด้านสังคม ปัญหาและความต้องการในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของชุมชน และแนวทางบริหารจัดการผลผลิตทางการเกษตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการอบแห้งลำไยสายพันธุ์ดอ บ้านท่ากลอย อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวิเคราะห์ผลทดสอบทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม SPSS® โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการทดลองทั้งหมดมีจำนวน 3 ซ้ำ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน : กรณีศึกษา การอบแห้งลำไยบ้านท่ากลอย อำเภอท่าตะเียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา ดำเนินการศึกษสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส เพื่อทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น หลังจากนั้นทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน รวมทั้งศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส เพื่อให้ชุมชนได้รับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนในการช่วยแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์สินค้าเกษตรอบแห้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งของชุมชนบ้านท่ากลอย โดยสามารถสรุปกรอบแนวคิดไว้ในรูปที่ 2



แผนภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลทั้งด้านกายภาพ ลักษณะความต้องการของกลุ่มเกษตรกร และแนวทางการบริหารจัดการลำไยราคาตกต่ำจากพื้นที่อำเภอบ้านท่ากลอย จังหวัดฉะเชิงเทรา ผลที่ได้จากการศึกษาในเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงปัญหาและความต้องการในการบริหารจัดการลำไย และปัจจัย ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดการลำไยของเกษตรกร เพื่อนำไปอภิปรายถึงผลของการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ มีดังต่อไปนี้

1. ผลของสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเพื่อทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมวัสดุเปลี่ยนเฟสแต่ละชนิด (พาราฟิน วาสลีน เกลือ และหินภูเขาไฟ) ที่อัตราส่วนแตกต่างกัน พบว่าวาสลีนและเกลือมีสมบัติทางความร้อนและเคมีที่ดีกว่าโดยมีค่าจุลหุ้มเหลวและความร้อนแฝงน้อยที่สุด จึงเลือกทำการทดลองเฉพาะวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสประเภทพาราฟินและหินภูเขาไฟที่มีสมบัติทางความร้อนและเคมีที่ดีที่สุดมาทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป โดยมีค่าจุลหุ้มเหลวและความร้อนแฝงที่เหมาะสม เท่ากับ 79.9 องศาเซลเซียส และ 109.6 จูลต่อกรัม ดังตารางที่ 1

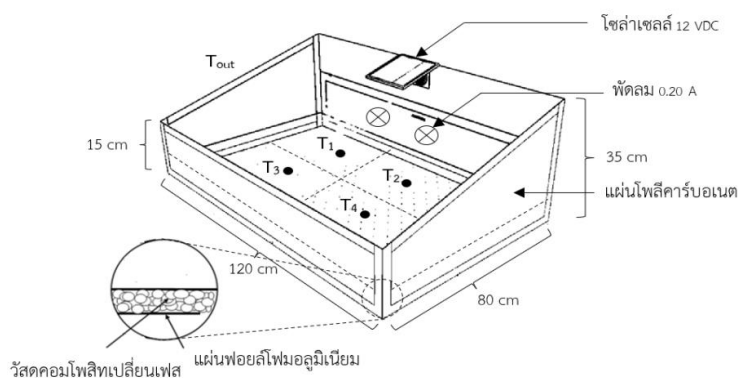
ตารางที่ 1 สมบัติทางความร้อนและเคมีของวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส

อัตราส่วนวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส (พาราฟิน : หินภูเขาไฟ)	จุดหลอมเหลว (°C)	ความร้อนแฝง (J/g)
1) อัตราส่วน 1 : 0	62.2 ± 2.5^b	157.6 ± 1.5^e
2) อัตราส่วน 0 : 1	71.6 ± 1.5^c	132.2 ± 1.0^d
3) อัตราส่วน 1 : 1	57.2 ± 1.0^a	42.9 ± 2.5^a
4) อัตราส่วน 1 : 2	59.7 ± 2.5^b	76.5 ± 1.0^b
5) อัตราส่วน 2 : 1	79.9 ± 1.54^d	109.6 ± 2.5^c

หมายเหตุ อักขระต่างกันในกลุ่มเดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

2. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน

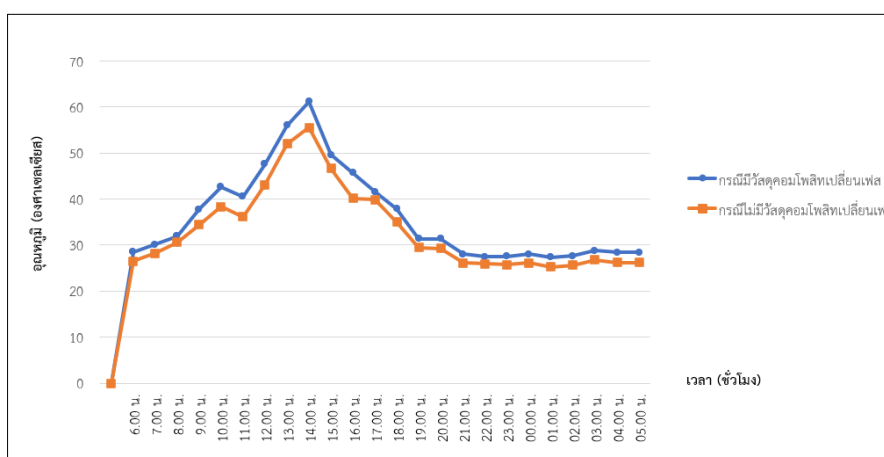
เครื่องอบแห้งที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบความกว้าง 1.20 เมตร ยาว 0.80 เมตร บริเวณผนังและด้านบนของตัวเครื่องอบทำจากแผ่นโพลีคาร์บอเนต โดยมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 0.20 แอมป์ (A) เพื่อเป่าเอาลมร้อนและความชื้นออกจากตู้อบในกรณีที่อุณหภูมิภายในตู้อบสูงเกินที่กำหนดไว้ โครงสร้างหลักของเครื่องอบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งใช้ติดตั้งกับโซล่าเซลล์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ (VDC) ภายในด้านล่างตู้อบแห้งจะมีช่องสำหรับวางวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส ด้านบนเป็นตระแกรงเจาะรูสำหรับวางลำไยเพื่อทดลองอบแห้ง และมีการกำหนดตำแหน่งเพื่อทดลองวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น ชั้นวางวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเพื่อเป็นตัวสะสมความร้อน และแสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง

3. การทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งที่มีวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสและไม่มีวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส

การทดลองใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสช่วยในการกักเก็บความร้อน นำเครื่องอบแห้งที่มีวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสไปตากแดดโดยหันไปทางทิศใต้ แล้วเก็บข้อมูลของอุณหภูมิภายในเครื่องอบและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ตลอด 24 ชั่วโมง หลังจากได้ผลการทดลองแล้วทำการปรับมาตรฐานข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ กัน คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งที่ใช้และไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส



รูปที่ 4 การอบแห้งลำไยเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของเครื่องอบแห้ง กรณีไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสและมีการใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสระหว่างพาราฟินต่อหินภูเขาไฟที่อัตราส่วน 2 : 1 โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีความร้อนจากแสงแดดส่งผลต่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบเริ่มสูงขึ้น จนถึงเที่ยงวันอุณหภูมิจะสูงที่สุด จากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลาประมาณ 18:00 น. พบว่าเครื่องอบที่บรรจุวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสจะคายพลังงานออกมา ส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่สูงกว่าเครื่องอบที่ไม่ได้บรรจุวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส เนื่องจากวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีผลทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบคงที่เฉลี่ย 40 - 50 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิของเครื่องอบที่ไม่ได้บรรจุวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสนั้นลดลงตามอุณหภูมิภายนอก

4. ผลของคุณภาพของลำไยอบแห้งและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส

การหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสสำหรับกักเก็บความร้อนพบว่า มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 62 องศาเซลเซียส และเวลาตั้งแต่ 18:00-12:00 จำนวน 5 ชั่วโมง อุณหภูมิที่กักเก็บความร้อนของวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ส่วนเครื่องอบแห้งที่ไม่มีวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีอุณหภูมิที่กักเก็บความร้อนของวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเฉลี่ยอยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิการกักเก็บความร้อนของวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 4 องศาเซลเซียส

5. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของลำไยอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส

การอบแห้งลำไยที่มีการใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสจะทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้ใช้เวลาอบแห้งสั้นลงโดยที่การอบแห้งลำไยที่มีการใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด ซึ่งใช้เวลาเพียง 16 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสใช้เวลานานถึง 22 ชั่วโมง ลดระยะเวลาอบแห้งได้ถึง 6 ชั่วโมง คิดเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งร้อยละ 73 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกลำไยได้รับพลังงานความร้อนจากแสงแดดสูงกว่า 61 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะส่งผลต่ออัตราการอบแห้งที่เร็วขึ้น

5.1 คุณภาพด้านสี

เนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสและเนื้อลำไยอบแห้งเนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสจะให้ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าเนื้อลำไยที่จำหน่ายโดยทั่วไปตามเนื่องจากโดยส่วนใหญ่แล้วลำไยอบแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมักจะอบด้วยลมร้อนใช้อุณหภูมิในการอบแห้งค่อนข้างต่ำ (60 - 70 °C) เพื่อรักษาคุณภาพทางด้านสี กลิ่น และรูปร่างผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการผู้บริโภค สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาการอบแห้งค่อนข้างนานกว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด แต่อุณหภูมิสามารถทำความร้อนได้ถึงค่าที่เหมาะสม แต่อุณหภูมิยังไม่คงที่มากนักตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องมากขึ้น โดยเฉพาะปฏิกิริยาเมลลาร์ด ดังนั้นจึงทำให้เนื้อลำไยมีสีคล้ำลง และเกิดสีแดงมากขึ้น คุณภาพด้านสีแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณภาพด้านสีของลำไยหลังการอบแห้งที่สภาวะต่าง

สภาวะการอบแห้ง	L*	a*	b*
เนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส	35.6 ± 1.3 ^c	12.7 ± 0.6 ^c	25.5 ± 1.6 ^c
เนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส	32.4 ± 1.8 ^d	15.5 ± 0.5 ^d	28.6 ± 1.7 ^d
เนื้อลำไยอบแห้งเชิงพาณิชย์	36.7 ± 2.6 ^a	9.4 ± 0.6 ^b	23.5 ± 1.6 ^b
ลำไยสด	56.8 ± 1.6 ^b	-2.6 ± 0.2 ^a	7.3 ± 0.5 ^a

หมายเหตุ อักขระต่างกันในกลุ่มเดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

5.2 ร้อยละการหดตัว

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านการหดตัวของเนื้อลำไยหลังการอบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ

สภาวะการอบแห้ง	การหดตัว (%)	ระยะเวลาการอบแห้ง (h)
เนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส	79 ± 1.6 ^a	16
เนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส	86 ± 1.3 ^b	22

หมายเหตุ อักขระต่างกันในกลุ่มเดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

5.3 วอเตอร์แอกทิวิตี

ตารางที่ 4 วอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อลำไยในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

สภาวะการอบแห้ง	วอเตอร์แอกทิวิตี (a_w)
เนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส	0.59 ± 0.012 ^a
เนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส	0.60 ± 0.010 ^a
เนื้อลำไยอบแห้งเชิงพาณิชย์	0.58 ± 0.013 ^a

หมายเหตุ อักขระต่างกันในกลุ่มเดียวกันให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 – 4 เนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีความชื้นภายในเนื้อลำไยระเหยออกมาอย่างช้าๆ ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างนาน เนื้อเยื่อเกิดการหดตัวและยุบตัวลงมากกว่ากรณีที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส โดยเนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีค่าการหดตัวเท่ากับ 86% ส่วนค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อลำไยหลังการอบแห้งพบว่า ทุกเงื่อนไขการทดลองและเนื้อลำไยที่จำหน่าย

โดยทั่วไปตามท้องตลาดนั้นมีค่าต่ำกว่า 0.6 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งที่กำหนดไว้จะทำให้ลำไยเน่าเสียได้ช้าและสามารถเก็บได้นาน

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน : กรณีศึกษา การอบแห้งลำไยบ้านท่ากลอย อำเภอนาทะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเพื่อทำหน้าที่กักเก็บความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสระหว่างพาราฟินผสมหินภูเขาไฟอัตราส่วน 2 : 1 มีความเหมาะสมที่สุด ถูกเลือกใช้ทดสอบการกักเก็บความร้อนในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของปริมาณวัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของพิภพ แซ่ตั้ง (2555 : 1 - 8) ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนทำการอบแห้งวัสดุทางการเกษตรพบว่า มีน้ำหนักสุดท้ายของผลผลิตแห้งที่ได้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าการตากแดดโดยทั่วไป อัตราส่วนดังกล่าวส่งผลต่อสมบัติทางความร้อนและเคมีที่เหมาะสม โดยมีค่าจุดหลอมเหลวและความร้อนแฝงเท่ากับ 79.9 องศาเซลเซียส และ 89.6 จูลต่อกรัม ค่าความร้อนแฝงที่ลดลงนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพัต มาลาสาย และกันยรัตน์ โหละสุด (2559 : 61 - 65) หลังจากออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อนพบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งเที่ยงวันอุณหภูมิจะสูงที่สุด และลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งคงที่ เครื่องอบแห้งที่บรรจุวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสจะคายพลังงานออกมา ส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่สูงกว่าเครื่องอบที่ไม่ได้บรรจุวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเนื่องจากวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีผลทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบคงที่เฉลี่ย 40 - 50 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิของเครื่องอบที่ไม่ได้บรรจุวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสนั้นลดลงตามอุณหภูมิกายนอกในช่วงเวลา 18:00 น. เป็นต้นไป มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25 - 30 องศาเซลเซียส การลดลงของอุณหภูมิสอดคล้องกับงานวิจัยของพิภพ แซ่ตั้ง (2555 : 1 - 8) เช่นเดียวกัน โดยใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 16 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสใช้เวลานานถึง 22 ชั่วโมง ลดระยะเวลาอบแห้งได้ถึง 6 ชั่วโมง คิดเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตลำไยอบแห้งร้อยละ 73 ในช่วงแรกลำไยได้รับพลังงานความร้อนจากแสงแดดสูงกว่า 61 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะส่งผลต่ออัตราการอบแห้งที่เร็วขึ้น ในด้านคุณภาพของเนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสและเนื้อลำไยอบแห้งเนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสจะให้ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าเนื้อลำไยที่จำหน่ายโดยทั่วไป เนื่องจากโดยส่วนใหญ่แล้วลำไยอบแห้งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมักจะอบด้วยลมร้อนใช้อุณหภูมิในการอบแห้งค่อนข้างต่ำเพื่อรักษาคุณภาพทางด้านสี กลิ่น และรูปร่าง

ผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการผู้บริโภค สำหรับงานวิจัยนี้ ใช้ระยะเวลาการอบแห้งค่อนข้างนานกว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด แต่อุณหภูมิสามารถทำความร้อนได้ถึงค่าที่เหมาะสม แต่อุณหภูมิยังไม่คงที่ จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องมากขึ้น โดยเฉพาะปฏิกิริยาเมลลาร์ด ดังนั้นจึงทำให้เนื้อลำไยมีสีคล้ำลง และเกิดสีแดงมากขึ้น เนื้อลำไยอบแห้งที่ไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีความชื้นภายในเนื้อลำไยระเหยออกมาอย่างช้าๆ ทำให้เนื้อเยื่อเกิดการหดตัวและยุบตัวลงมากกว่าเนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างนาน โดยเนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสมีค่าการหดตัวเท่ากับ 86% ซึ่งการหดตัวขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในเนื้อลำไยที่มีการเคลื่อนที่ของความชื้นอย่างช้า ๆ ขณะอบแห้ง ส่วนค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อลำไยหลังการอบแห้งพบว่า ทุกเงื่อนไขการทดลองและเนื้อลำไยที่จำหน่ายโดยทั่วไปตามท้องตลาดนั้นมีความปลอดภัยจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า 0.6 โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งตามมาตรฐานกำหนดให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.6 (ปริยา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุตสาย ตริวานิช, 2549 : 12) จึงจะหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเอนไซม์ ซึ่งจะทำให้เน่าเสียได้ช้าและสามารถเก็บได้นาน จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบต่าง ๆ โดยเลือกปรับปริมาณวัสดุเปลี่ยนเฟสให้เหมาะสมกับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล

สังเคราะห์องค์ความรู้ใหม่

การดำเนินงานวิจัย เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน : กรณีศึกษา การอบแห้งลำไยบ้านท่ากลอย อำเภอท่าตะเียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา นั้น มีประเด็นปัญหาจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพต่ำในช่วงที่ไม่มีแสงแดด เช่น ช่วงกลางคืนหรือวันที่มีเมฆมากการอบแห้งลำไยต้องการอุณหภูมิที่สม่ำเสมอและต่อเนื่องเพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิต จึงดำเนินงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดความสูญเสียพลังงาน และเพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการอบแห้ง พัฒนารูปแบบการอบแห้งที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนบ้านท่ากลอย โดยมีการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ กระบวนการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อน และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ เช่น วัสดุโครงสร้าง และวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส คุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนเฟส การเก็บและปล่อยพลังงานความร้อนแฝงในระหว่างการเปลี่ยนสถานะ กระบวนการอบแห้งลำไยเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม และผลกระทบของความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอต่อคุณภาพของลำไย จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศในพื้นที่บ้านท่ากลอย การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันของชุมชน ข้อจำกัดและปัญหาที่พบ ในการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในช่วงกลางคืนและวันที่มีเมฆ ความร้อนในเครื่องอบแห้งลดลง ส่งผลให้กระบวนการอบแห้งหยุดชะงัก พลังงานที่ไม่ถูกใช้งานในช่วงกลางวันไม่ถูกเก็บสะสมไว้ จึงหาแนวทางแก้ไขปัญหาโดยใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อนเพื่อเก็บพลังงานความร้อนส่วนเกินในช่วงกลางวัน และปล่อยออกมาในช่วงที่ไม่มี

แสงแดด ซึ่งมีการบูรณาการความรู้ด้วยการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบใหม่ที่มีการติดตั้งวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสเป็นตัวกักเก็บความร้อน การเลือกชนิดวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสที่เหมาะสม เช่น พาราฟิน วาสลิน เกลือ และหินภูเขาไฟ เป็นต้น ที่มีจุดหลอมเหลวตรงกับช่วงอุณหภูมิที่ต้องการ ทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ประการแรก คือ ต้นแบบเครื่องอบแห้ง โครงสร้างที่มีการผสมผสานวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสระหว่างพาราฟินผสมหินภูเขาไฟที่อัตราส่วน 2 : 1 มีความเหมาะสมที่สุด ในส่วนของตัวกักเก็บความร้อนระบบไหลเวียนอากาศที่ช่วยถ่ายเทความร้อนจากคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสสู่ผลิตภัณฑ์ และการออกแบบที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชน และประการที่สอง คือ กระบวนการอบแห้งใหม่ ที่มีการตั้งค่าช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม โดยในงานวิจัยนี้ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้วัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟส ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบในสถานการณ์จริงและวิเคราะห์คุณภาพของลำไยที่ได้ จึงได้เผยแพร่ถ่ายทอดความรู้ให้กับชุมชนบ้านท่ากลอยและผู้ที่สนใจ อบรมขยายผลการใช้งานในพื้นที่ใกล้เคียง รวมทั้งตีพิมพ์งานวิจัยในวารสารวิชาการ จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้มีการใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง เป็นการส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนในชุมชน และช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรจากการผลิตลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการออกแบบโครงสร้างการติดตั้งวัสดุคอมโพสิตเปลี่ยนเฟสที่เหมาะสม เพื่อกักเก็บความร้อนในบริเวณผนังของเครื่องอบแห้ง และเพิ่มการถ่ายเทความร้อนด้วยวัสดุนำความร้อนประเภทอลูมิเนียม

เอกสารอ้างอิง

- กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินฉะเชิงเทรา สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). แผนการใช้ที่ดิน ต.ท่าตะเกียบ อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา. ออนไลน์. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2567. แหล่งที่มา : http://webapp.ddd.go.th/lpd/node_modules/img/Landusedistrict/2565/r02--cco_02.pdf
- กันยรัตน์ โหละสุต, ประสงค์ วงศ์วิชา, ถาวร ศรีชมภู, ทิพวรรณ ม่วงสำเภา และอาทิตย์ ไชยอำนาจ. (2551). วัสดุเปลี่ยนเฟสเพื่อช่วยรักษาความร้อนในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์. *การประชุมวิชาการเครือข่ายเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22*. 15 - 17 ตุลาคม 2551. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตริวานิช. (2549). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พิภพ แซ่ตั้ง. (2555). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนเพื่ออบพริก. *วารสารลำปาง: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*. 1 (1), 1 - 8.
- พิระ วิจะสิกะ, ภาณุวัฒน์ แก้วพิชัย, เขียวโชค ทองเรือง, วิทยา โพธิ์ถาวร และนพดล เมืองแก้ว. (2564). เครื่องอบแห้งกึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานความร้อน. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้* 1. 6 (2), 34 - 42.
- วิรัตน์ รุ่งแสงอรุณเลิศ, ยศวัต หนูทอง, สุวัฒน์ กริสดี และจิราภรณ์. (2562). การเปรียบเทียบคุณสมบัติการกักเก็บความร้อนของวัสดุระหว่างของผสมกรดสเตียริก/พาราฟิน และกรดสเตียริก/กรดอะซิติก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 21 (2), 132 - 136.
- สรรรถดิษฐ์ ชิวสุทธิศิลป์ และคมศักดิ์ หารไชย. (2557, พฤษภาคม - สิงหาคม). การประยุกต์ใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลวัสดุเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง. *วารสารวิทยาลัยนครพนม*. 4 (2), 7 - 15.
- สุพัต มาลาสาย และกันยรัตน์ โหละสุต. (2559). การประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 23*. 25 มีนาคม 2559. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุพล แนวตัน. (2555). *การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อนเพื่อใช้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2563). ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดฉะเชิงเทรา (ข้อมูลปรับปรุง ณ เมษายน 2563). *ออนไลน์*. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2567. แหล่งที่มา <https://www.opsmoac.go.th/chachoengsao-dwl-files-421291791825>
- Rahmalina, D., Adhitya, D.C., Rahman, R.A. and Ismail, I. (2022) . Improvement the performance of composite PCM paraffin-based incorporate with volcanic ash as heat storage for low-temperature application. *EUREKA: Physics and Engineering*. 1, 53 - 61.