

ระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระจุจ Solar Dryer System for Bulrush Drying

ฉัตร ฝนาค^{1*} สุวิทย์ เพชรห้วยลึก² ภรพนา บัวเพชร¹ ปิติ พานิชายุนนท์¹ และนฤทธิ์ กล่อมพงษ์³
Chat Pholnak^{1*}, Suwit Phethuayluk², Pornpana Buaphet¹, Piti Phanichayunon¹ and Narit Klompong³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระจุจ (*Lepironia articulata*) ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการจักสานผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ใช้สอยและจำหน่ายของชาวบ้านชุมชนทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ระบบอบแห้งนี้ประกอบด้วยแผงรับรังสีอาทิตย์ที่มีพื้นที่รับแสงขนาด 8.64 ตารางเมตร เป็นแหล่งความร้อนหลักและใช้น้ำเป็นตัวพาความร้อนไหลตามท่อทองแดงไปแลกเปลี่ยนกับอากาศชื้นภายในห้องอบแห้งที่มีความจุ 22.5 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้ปั๊มน้ำขนาดกำลัง 745.7 วัตต์ ควบคุมอัตราการไหลของน้ำร้อนด้วยอัตรา 0.025 กิโลกรัมต่อวินาที ในกรณีที่แหล่งความร้อนหลักไม่พอเพียง ระบบอบแห้งจะใช้ลดลดความร้อนขนาด 6 กิโลวัตต์ เป็นแหล่งความร้อนเสริม ซึ่งระบบอบแห้งสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบแห้งอย่างอัตโนมัติด้วยการประมวลผลของหน่วยควบคุมพีแอลซี จากการทดสอบสมรรถนะของระบบอบแห้งพบว่าในการอบแห้งกระจุจจำนวน 22 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 40-60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้ง 16 ชั่วโมงต่อเนื่อง พบว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของการอบแห้ง 41.5 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุดสำหรับการอบแห้งกระจุจ สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นจาก 167.03 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง เหลือ 9.56 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งได้กระจุจที่มีคุณภาพดี แห้งเร็วและแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์ตากแห้งตามธรรมชาติ โดยมีกำลังด้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 165 นิวตัน

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ กระจุจ กำลังด้านทานแรงดึง

¹ อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

³ นักวิจัย ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

* Corresponding author : โทรศัพท์/โทรสาร 074-693974 Email-chat@tsu.ac.th

Abstract

This research studied and developed the solar dryer system which was built for drying a bulrush (*Lepironia articulata*) which is a raw material for weaving product in Talae Noi community. The solar dryer system consisted of a plat-plate solar collector with an area of collecting radiation of 8.64 m^2 . The water flowed through a closed loop copper tube and heat was transferred to the moist air in a dryer room of the volumetric capacity of 22.5 m^3 . The flow rate of water was 0.025 kg/s which was controlled by an electrical pump of 745.7 W . Whenever the heat was insufficient, the dryer system would automatically switched to an additional thermal source which was a 6 kW heater. The drying condition of the air in the dryer room was automatically controlled by the PLC unit. To test its performance, the 22 kg of a bulrush was dried in $40\text{--}60^\circ\text{C}$ within 16 hours continuously. The experimental results showed that the maximum thermal efficiency of this system was 41.5% and the optimal temperature of 45°C was suitable for reducing the initial moisture content of 167.03% db down to the final moisture content of 9.56% db. The dried bulrush products had good quality. The drying time for drying the bulrushes in this dryer was significantly shorter than the products dried with a natural sun drying and the bulrush was stronger than the other with a maximum tensile strength of 165 N .

Keywords : Solar Drying, Bulrush, Tensile Strength

คำนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี ค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน [1] การใช้เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับพืชผลทางการเกษตรจึงมีความเป็นไปได้ทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ของนักวิจัยที่ผ่านมานั้นส่วนมากใช้แผงรับรังสีอาทิตย์ (solar collector) เป็นแหล่งผลิตความร้อนให้แก่ห้องอบแห้ง โดยวิธีการพาความร้อนด้วยอากาศโดยตรงหรือพาความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งในการพาความร้อนด้วยน้ำจะทำให้สมรรถนะของแผงรับรังสีมีค่าสูงขึ้น การให้ความร้อนเสริมทำได้ง่าย อุณหภูมิของอากาศร้อนในห้องอบแห้งควบคุมได้ง่ายและไม่แกว่งมาก จากรายงานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการนำพลังงานรังสีอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้งพืชผลทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และคณะ [2] ได้ปรับปรุงสมรรถนะเครื่องอบแห้งลำไยโดยติดตั้งแผงรับรังสีอาทิตย์ขนาด 5 ตารางเมตร ให้ประสิทธิภาพเฉลี่ย 40 เปอร์เซ็นต์

ในการอบแห้งได้นำอากาศร้อน 80 เปอร์เซ็นต์กลับมาใช้ใหม่ โดยเครื่องอบแห้งมีสมรรถนะเพิ่มขึ้น 19 เปอร์เซ็นต์จากการทดลองอบแห้งกระจุคจากเยือกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนโดยใช้หลักการพาความร้อนด้วยอากาศโดยตรง โดยบงกช ประสิทธิ์ และคณะ [3] โดยเครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 34.7 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาเขาได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากแก๊สซีพีเออร์สำหรับอบแห้งใบหม่อน ซึ่งให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 23.6 เปอร์เซ็นต์ ทนงเกียรติเกียรติศิริโรจน์ และคณะ [4] ได้พัฒนาระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ควบคู่กับแก๊สหุงต้มสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้และเครื่องจักสาน โดยใช้หลักการค้ำน้ำร้อนเพื่อใช้แลกเปลี่ยนความร้อนในการอบแห้งไม้โดยการพาความร้อนแบบบังคับ พบว่าเครื่องอบแห้งมีประสิทธิภาพ 23.34 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาพฤกษศาสตร์กกระจุคหรือกระจุค (bulrush) โดยวัชระ บุญชัยและกิตติพงษ์ เกิดสว่าง [5] พบกระจุคในภาคใต้ของประเทศไทยมีเพียงชนิดเดียว

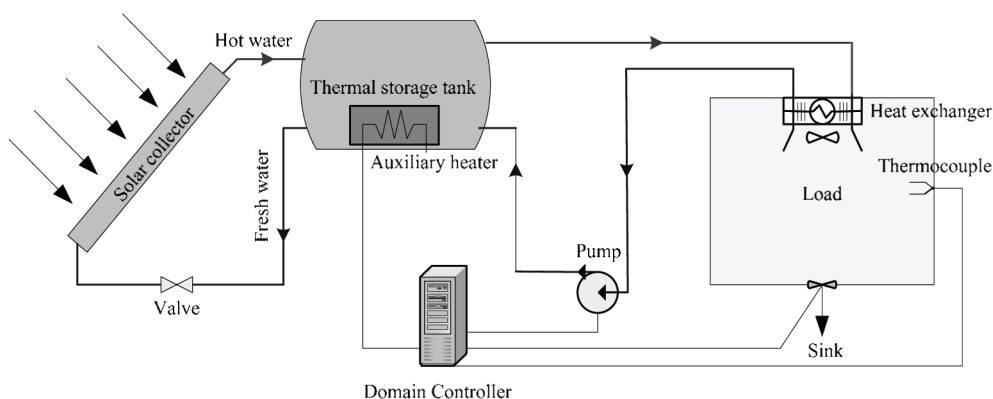
โดยมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lepironia articulata* เป็นพืชวงศ์กกที่มีลักษณะที่โดดเด่น โดยลำต้นเป็นทรงกระบอกภายในมีช่องอากาศและมีเยื่อขึ้นตามขวาง เจริญเติบโตในพื้นที่ชุ่มน้ำหรือป่าพรุ แหล่งที่พบมากได้แก่พื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง ประชาชนในท้องถิ่นนิยมนำไปสานเป็นผลิตภัณฑ์ใช้สอยในครัวเรือนและการจำหน่าย จึงทำให้กระเจ็ดเป็นพืชเศรษฐกิจของชุมชนทะเลน้อยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน กลุ่มชาวบ้านเกษตรกรจะนำกระเจ็ดสดไปแปรรูปด้วยวิธีการดั้งเดิมนั่นคือ การตากแห้งกลางแจ้งก่อนที่จะนำไปรีดแล้วสานขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการตากแห้งตามธรรมชาติของกลุ่มชาวบ้านเกษตรกรนั้นมักประสบปัญหากระเจ็ดเปื่อยผ่น มีความชื้นสะสมในผลิตภัณฑ์แปรรูป เมื่อสานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้วหากเก็บรักษาไม่ดีมักจะขึ้นราง่าย ส่งผลให้มูลค่าของสินค้าลดลง [6] จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยได้พบแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยอาศัยเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม คณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระเจ็ดจากหลักการพาความร้อนด้วยน้ำโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์นำความร้อนจากน้ำร้อนไปแลกเปลี่ยนกับอากาศในห้องอบแห้ง ทำงานร่วมกับขดลวดความร้อนให้ความร้อนเสริมในเวลาที่ยังรังสีอาทิตย์ไม่แรงที่ ซึ่งความร้อนเสริมจาก

ขดลวดความร้อนสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังควบคุมง่ายและเป็นพลังงานที่สะอาดไม่สร้างมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบและสร้างระบบอบแห้งกระเจ็ดพลังงานรังสีอาทิตย์

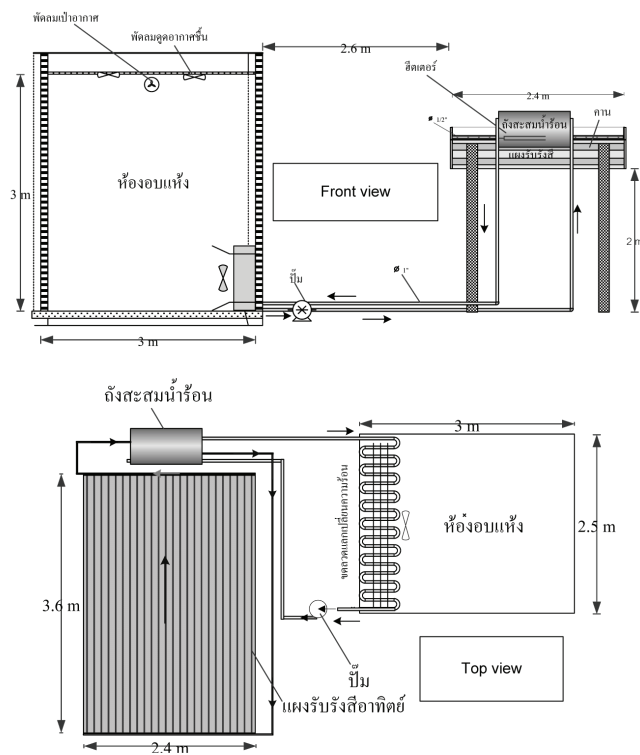
การออกแบบและสร้างระบบอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการอบแห้งกระเจ็ด ประกอบด้วยแผงรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะดูดกลืนรังสีอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นความร้อนไปผลิตน้ำร้อนแล้วเก็บไว้ในถังสะสมน้ำร้อน ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำในถังไม่ถึงค่าที่กำหนดไว้ ขดลวดความร้อนจะทำงานให้ความร้อนจนกระทั่งน้ำมีอุณหภูมิสูงตามต้องการ น้ำร้อนจะถูกพาเข้าไปในห้องอบแห้งโดยไหลตามท่อทองแดงซึ่งใช้ระบบปั๊มน้ำไฟฟ้าเป็นตัวบังคับอัตราการไหลของน้ำร้อนที่ไหลผ่านขดลวดทองแดงโดยมีพัดลมเป่าเพื่อเร่งการถ่ายโอนความร้อนให้แก่อากาศในห้องอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ น้ำร้อนหลังจากไหลผ่านขดลวดแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิลดลงและไหลกลับเข้าสู่ส่วนล่างของถังเก็บน้ำ แล้วจึงไหลเวียนเข้าสู่แผงรับรังสีอาทิตย์อีกครั้งอย่างต่อเนื่อง ลักษณะการทำงานของระบบอบแห้งแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

ห้องอบแห้งกระจุเป็นผนังโลหะอลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว สามารถลดความร้อนที่สะสมในผนังและลดการสูญเสียความร้อนออกจากห้องอบ มีพัดลมดูดอากาศบนเพดานเพื่อให้อากาศภายในห้องมีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วทั้งห้องอบ และมีพัดลมดูดอากาศจำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ดูดอากาศชั้นระบายออกไปนอก

ห้องอบ ซึ่งการทำงานของพัดลมดูดอากาศ พัดลมนำอากาศไหลเวียน ขจัดความร้อนและป้อนน้ำไฟฟ้า ถูกควบคุมให้ทำงานสัมพันธ์กันด้วยหน่วยควบคุมการทำงานอัตโนมัติพีแอลซี (Programmable Logic Control: PLC) ซึ่งลักษณะของระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ที่ได้ออกแบบ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบโครงสร้างและลักษณะของระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

วิธีการทดลอง

นำกระจุสดชุปโคลนขาวจำนวน 4 มัด ซึ่งน้ำหนักหามวลเริ่มต้น แล้วนำไปวางบนชั้นวางผลิตภัณฑ์ในห้องอบแห้ง ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 45 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส โดยในแต่ละอุณหภูมิ จะใช้ระยะเวลาอบแห้ง 16 ชั่วโมง โดยทำการชั่งน้ำหนักของกระจุทุก 1 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากแผงรับรังสีอาทิตย์ทุก 1 นาที โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล 16 ช่องสัญญาณ ยี่ห้อ SUPCON รุ่น R5000 และบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกและในห้องอบ รวมทั้งพลังงานไฟฟ้า หลังจากผ่านการอบแห้งแล้ว นำกระจุไปหาความชื้นด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC [7] ซึ่งวิธีการหาความชื้นสามารถหาได้ 2 วิธีคือ

1) ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) หาค่าได้จากสมการ

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad (1)$$

2) ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) หาค่าได้จากสมการ

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w คือ ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb)
 M_d คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db)
 w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)
 d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

นำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ทุกๆ หนึ่งชั่วโมง หาค่าความชื้นโดยทำการหาทั้งในกรณีที่อยู่ในห้องอบและที่ตากกลางแจ้ง สำหรับกระจุที่ผ่านการอบแห้ง นำไปพักไว้ในห้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นนำไปรีดให้แบนด้วยเครื่องรีดกระจุและนำไปทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงเพื่อหาความแข็งแรงของเส้นกระจุโดยยึดเส้นกระจุ

ที่มีความยาว 60 เซนติเมตร กับตัวจับของเครื่องวัดแรงดึง (ยี่ห้อ GOTECH รุ่น GT-7010-AE) แล้วเดินเครื่องโดยที่ตัวจับด้านล่างจะดึงเส้นกระจุลงจนกระทั่งขาด

ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากแผงรับรังสีอาทิตย์ นำมาใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ ณ เวลาใดๆ ได้ดังสมการ [8]

$$\eta_c = \frac{\dot{m}C_p(T_o - T_i)}{G_T A_c} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ η_c คือ ประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ (%)
 $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)
 C_p คือ ความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg·°C)
 G_T คือ ค่ารังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นที่ของตัวรับรังสี (W/m²)
 A_c คือ พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ของแผงรับรังสี (m²)

และสามารถหาค่าสมรรถนะของระบบอบแห้งได้จากปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำออกจากวัสดุทั้งหมดต่อปริมาณความร้อนของอากาศในห้องอบแห้ง โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งสามารถคำนวณได้จากสมการ [9]

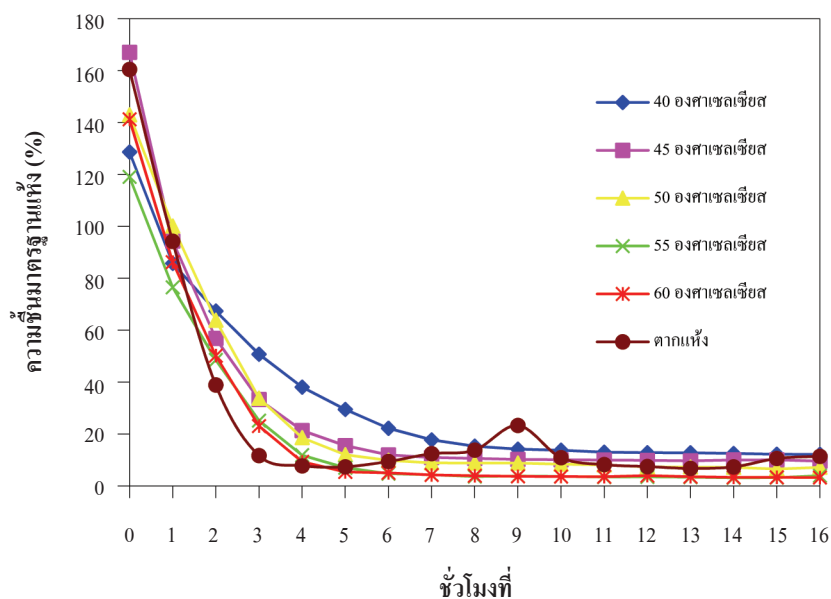
$$\eta_{sys} = \frac{M_w h_{fg}}{\dot{m}C_p(T_i - T_o)} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ η_{sys} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้ง (%)
 M_w คือ มวลของน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ (kg)
 h_{fg} คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg)
 $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน (kg/s)
 C_p คือ ความจุความร้อนของน้ำที่ความดันคงที่ (J/kg·°C)
 T_i คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลเข้าห้องอบแห้ง (°C)
 T_o คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลออกห้องอบแห้ง (°C)

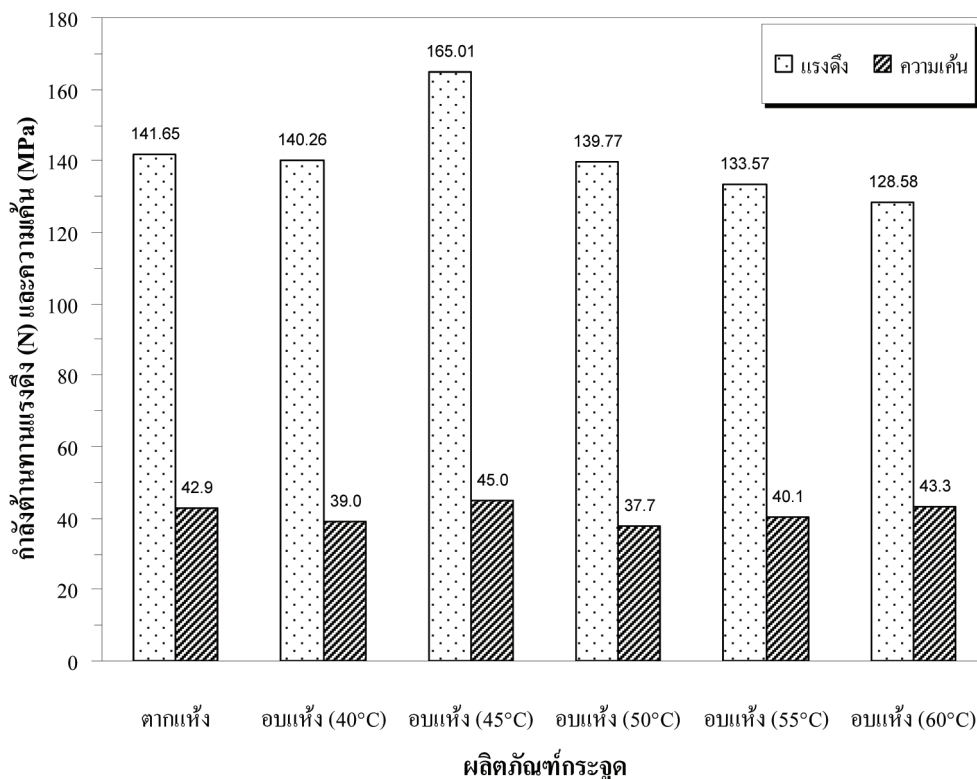
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองอบแห้งกระเจ็ดสดจำนวน 22 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 40 45 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง และทำการเปรียบเทียบความชื้นในกระเจ็ดอบแห้งกับกระเจ็ดตากแห้งตามธรรมชาติ พบว่าความชื้นของกระเจ็ดในห้องอบแห้งลดลงอย่างสม่ำเสมอ

และที่อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส กระเจ็ดจะมีความชื้นต่ำกว่ากระเจ็ดที่ตากแห้งตามธรรมชาติ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของกระเจ็ดระหว่างการอบแห้งและจำนวนชั่วโมงที่ใช้อบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3 และผลการทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงดึงของผลิตภัณฑ์กระเจ็ด แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ค่าความชื้นของกระเจ็ดระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เทียบกับกระเจ็ดตากแห้ง

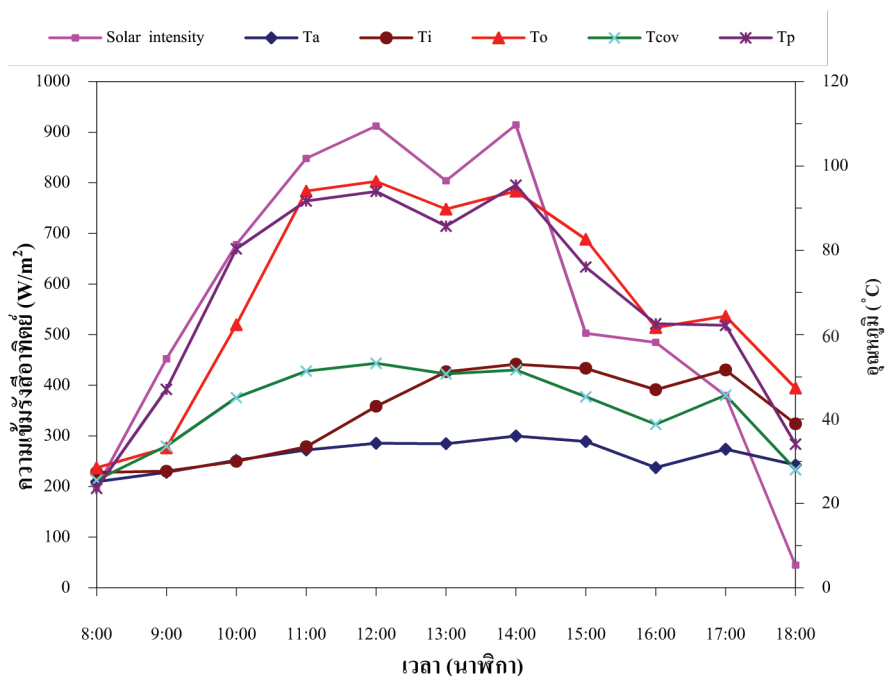


รูปที่ 4 ค่ากำลังต้านทานแรงดึงสูงสุดของกระเจ็ดอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ และกระเจ็ดตากแห้งตามธรรมชาติ

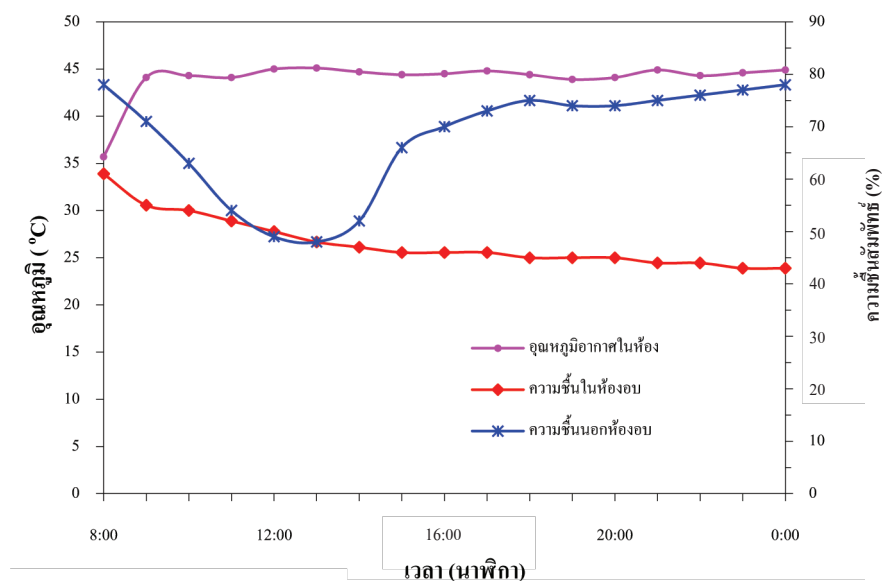
จากรูปที่ 4 กระเจ็ดอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะมีความแข็งแรงสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกระเจ็ดอบแห้งที่อุณหภูมิอื่นๆ และกระเจ็ดตากแห้งตามธรรมชาติ โดยให้กำลังต้านทานแรงดึงสูงสุด 165.01 ± 67.47 นิวตัน เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ค่ากำลังต้านแรงดึงจะลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกเร็วเกินไปจนทำให้กระเจ็ดแห้งกรอบ

จากการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิต่างๆ จากแผง

รับรังสีอาทิตย์ของวันที่ 5 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551 แสดงดังรูปที่ 5 โดยที่ปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00 น.-18.00 น. เท่ากับ 915.0 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งทำให้อุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 95.4 องศาเซลเซียส และน้ำร้อนที่ผลิตได้มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 94.0 องศาเซลเซียส ที่เวลา 14.00 น. เมื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์ในวันนี้พบว่ามีความเท่ากับ 72.6 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5 ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์และค่าอุณหภูมิต่างๆ ของแผงรับรังสีอาทิตย์ ในวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2551



รูปที่ 6 ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องอบและภายนอกห้องอบ

จากการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิต่างๆ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบแห้ง แสดงคังรูปที่ 6 โดยที่อุณหภูมิของอากาศร้อนในห้องอบแห้งค่อนข้างคงที่และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบแห้งลดลงอย่างช้าๆ แต่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกห้องอบแห้งนั้นสัมพันธ์กับความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยช่วงเวลาที่ความเข้มรังสีอาทิตย์มาก ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะต่ำ ซึ่งสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งได้จากพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ต่อพลังงานความร้อนที่ให้แกห้องอบแห้งพบว่าระบบอบแห้งมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 41.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าประสิทธิภาพการอบแห้งเฉลี่ยที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงคังตารางที่ 1

สำหรับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งในแต่ละอุณหภูมิ นั้น จะพบว่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น จึงทำให้ต้นทุนในการอบแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย โดยค่าพลังงานไฟฟ้าและต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งกระจุคที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงคังตารางที่ 2

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าสูงถึง 41.5 เปอร์เซ็นต์ และสามารถควบคุมอุณหภูมิการกระจายของอากาศภายในห้องอบแห้งในช่วง 40-60 องศาเซลเซียส ได้ค่อนข้างดี ระบบอบแห้งทำงานได้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	มวลน้ำที่ระเหย (kg)	พลังงานความร้อน ที่ใช้ระเหยน้ำในกระจุค (MJ)	พลังงานความร้อน ที่ให้แกห้องอบ (MJ)	ประสิทธิภาพ (%)
40	3.12	7.51	18.1	41.5
45	2.87	6.87	24.3	28.3
50	3.38	8.05	24.8	32.5
55	3.40	8.06	21.6	37.3
60	3.06	7.22	26.2	27.6

ตารางที่ 2 พลังงานรังสีอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้า และต้นทุนที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง

อุณหภูมิ (°C)	พลังงานรังสีอาทิตย์ (MJ)	พลังงานไฟฟ้า (MJ)	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า จำเพาะ (MJ/kg _{water evap.})	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กก.)
40	138.5	79.6	25.51	56.81	2.47
45	187.6	88.6	30.87	70.04	3.09
50	146.8	129.6	38.34	101.79	4.41
55	97.1	176.4	51.88	142.22	6.22
60	104.2	198.4	64.84	160.88	7.12

ต่อเนื่องทั้งกลางวันและกลางคืนและสามารถอบแห้ง
กระจุสดได้ครั้งละ 20-30 กิโลกรัม โดยสามารถอบแห้ง
กระจุจากความชื้นเริ่มต้น 167.03 เปอร์เซ็นต์มาตรฐาน
แห้ง ลดลงเหลือ 10.24 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ใช้เวลา
อบแห้งประมาณ 9 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าในการ
ตากแห้งตามธรรมชาติ ผลลัพธ์ที่อบแห้งมีคุณภาพดี
ความแข็งแรงสูง แห้งสม่ำเสมอและไม่ขึ้นรา อีกทั้งต้นทุน
ในการอบแห้งไม่สูงมาก ดังนั้นการอบแห้งกระจุด้วย
ระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์จะเป็นทางเลือกหนึ่ง
ของกลุ่มชาวบ้านเกษตรกรชุมชนทะเลน้อยสำหรับการ
แปรรูปวัตถุดิบในการเพิ่มผลผลิตในช่วงฤดูฝนได้ ซึ่ง
ระบบอบแห้งนี้ยังเหมาะสำหรับการอบแห้งพืชผลทาง
การเกษตรและพืชสมุนไพร เช่น พริก ตะไคร้ ใบมะกรูด
และจิง เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยทักษิณที่ให้การสนับสนุน
ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.
2549-2550

เอกสารอ้างอิง

- [1] เสริม จันทร์ฉาย บุศราภรณ์ มหาโยธี ภัทรพล เวทยสุภรณ์
กรทิพย์ โต๊ะสิงห์ และอรทัย เขียวพุ่ม. (2547). เครื่อง
อบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์. รายงานวิจัย. กรมพัฒนา
พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวง
พลังงาน ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานรังสีอาทิตย์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์. นครปฐม :
มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [2] ฉันทนา พันธุ์เหล็ก ศิริบุษ จินดารักษ์ และจอมภพ แววศักดิ์.
(2548). การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องอบแห้งลำไยโดย
การติดตั้งแผงรับรังสีอาทิตย์. ใน การประชุมเชิงวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1. (AE18-1 –
AE18-5). 11-13 พฤษภาคม 2548. โรงแรมแอมบาส-
ซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน.ชลบุรี.
- [3] บงกช ประสิทธิ์ อนันต์ พงศ์กรกุลพานิช และสุขฤดี
นาถกรณกุล. (2549). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงาน
รังสีอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน. ใน การ
ประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 2. (ENETT49-024-1 – ENETT49-024-5).
27 – 29 กรกฎาคม 2549. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี. นครราชสีมา.
- [4] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2549). การพัฒนา สาขิระบบ
อบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้และเครื่องจักสาน
(สำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปไม้). รายงานวิจัย. กรมพัฒนา
พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวง
พลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรม-
ศาสตร์. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] วัชระ บุญชัย และกิตติพงษ์ เกิดสว่าง. (2548). การศึกษา
ทางพฤษศาสตร์กกระจุ (*Lepironia articulata*)
เพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. ระบุของ :
องค์การสวนพฤกษศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2549
จาก [http://www.qsb.org/ABSTRACT/raiyong/
research.pdf](http://www.qsb.org/ABSTRACT/raiyong/research.pdf)
- [6] ฉัตร ผลนาค สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ภรพนา บัวเพชร และปิติ
พานิชยูนนท์. (2007). สมบัติทางกายภาพของเส้น
กระจุในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบของชุมชน
ทะเลน้อย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 12 (1), 45-52.
- [7] Association of Official Analytical Chemists. (1970).
**Handbook of the AOAC / Association of Official
Analytical Chemists.** (3rd ed.). Washington, DC.
(s.n.).
- [8] เษิญญ จันทร์สา บัณจิต ลิ้มมีโชคชัย และจ่านง สรพิพัฒน์.
(2549). ศักยภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานรังสี
อาทิตย์ในประเทศไทย. ใน การประชุมเชิงวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2. (54). 27-29
กรกฎาคม 2549. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
นครราชสีมา.
- [9] สมชาติ โสภณธฤทธิ์. (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและ
อาหารบางประเภท. กรุงเทพฯ : หนังสือโครงการ
ส่งเสริมการสร้างตำราสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.