วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี | Agriculture and Technology Journal

ปีที่ 2 ฉบับที่ 3

สมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมด้วยวัสดุพรุน: กรณีศึกษาอบตะไคร้

Performance evaluation of a mixed-mode solar dryer Including porous media: A case study of lemongrass drying

ธนกร หอมจำปา[1*] วิโรช ทัศนะ[1] ประทีป ตุ้มทอง[1] และประพันธ์พงษ์ สมศิลา[1]

Tanagorn Homchampa[1*], Wiroj Tassana[1], Prateep Toomthong[1] and Prapanpong Somsila[1]

[1]คณะเกษตรศาตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

[*]Corresponding Author E-mail Address: tanagorn.ho@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพรุนและไม่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบเป็นชนิดแผ่นเรียบขนาด 60x120x10 cm^3 วัสดุพรุนขนาด 55x30x5 cm^3 ติดตั้งบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ห้องอบแห้งขนาด 60x65x45 cm^3 และใช้ตะไคร้ในการทดสอบอบแห้ง ปัจจัยที่ศึกษาคือ โลหะลวดตาข่ายที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 ทดสอบภายใต้แสงแดดธรรมชาติที่ความเร็วลม 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s สมรรถนะที่ศึกษาคือ ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ค่าความชื้นและอัตราการอบแห้งของตะไคร้ จากผลการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีสมรรถนะสูงกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมไม่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ นอกจากนี้ยังพบว่า การทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพรุนเมื่อเพิ่มค่าความพรุนทำให้สมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความชื้นของตะไคร้ลดลงและทำให้อัตราการอบแห้งของตะไคร้เฉลี่ยสูงขึ้น

คำสำคัญ: สมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ วัสดุพรุน ตะไคร้

Abstract

This study has the objective of evaluating the performance of a mixed-mode solar dryer including porous media and without porous media. A solar collector is a 60x120x10 cm^3 flat plate and 55x30x5 cm^3 porous media installed on the flat plate collector. The size of the drying chamber is 60x65x45cm^3 and lemongrass is used to test. The studied factors are metal wire mesh with the porosity of 0.087, 0.134 and 0.1780. Samples are tested under natural sunlight conditions with wind speeds of 0.5, 1.0 and 1.5 m/s. The performances of interest are the efficiency of the solar collector, moisture content, and drying rate of the lemongrass. From the study, the mixed-mode solar dryer which includes the porous media has higher performance than the one without the porous media. Moreover, the increasing porosity results in the increasing efficiency of the dryer because the moisture of the lemongrass is reduced and the average drying is increased.

Keywords: Performance of mixed-mode solar dryer, Porous media, Lemongrass

บทนำ

หลักการพื้นฐานในการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสม เริ่มต้นจากการดูดอากาศจากภายนอกด้วยพัดลมให้ไหลผ่านตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์ทำให้ความร้อนที่อยู่ในผิวตัวเก็บรังสีอาทิตย์ส่งผ่านให้กับอากาศ วิธีดังกล่าวสามารถทำให้ได้อากาศร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งได้ การเปลี่ยนรูปพลังงานของตัวเก็บรังสีจากการสำรวจที่ผ่านมาพบว่า การใช้ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบมีสัดส่วนใช้งานสูงถึง 22.1% เมื่อเทียบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดอื่น (วาณิช และสุธิดา, 2561) ซึ่งประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ต่ำเป็นหนึ่งในปัญหาหลักในการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Hana et al., 2021) การเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบทำได้หลายวิธี เช่น เพิ่มพื้นที่ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ความร้อนตามที่ต้องการ และการทำให้อากาศที่ไหลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Messaoud et al., 2019) เช่นเดียวกับ Zhimin et al. ศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยโรงเรือนที่สามารถรับรังสีอาทิตย์โดยตรงและมีแหล่งความร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ Bashria and Nor, 2008 ศึกษาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนชนิดใยแก้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้ Shigeki et al.(2013) ศึกษาผลของการใช้วัสดุพรุนโลหะที่มีความพรุนสูงเพื่อลดการสูญเสียความร้อนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สำรวยและคณะศึกษาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ติดครีบทำจากแผ่นเหล็กชุบสังกะสีด้วยรูปทรงที่ต่างกันทาสีดำซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของแผ่นดูดกลืนรังสีสอดคล้องอย่างมีนัยสำคัญกับประสิทธิ ภาพของการอบแห้ง แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยค้นคว้าดังกล่าวข้างต้นเกี่ยวกับการการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมด้วยวัสดุพรุนก็ยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าในการใช้งานอย่างแพร่หลาย

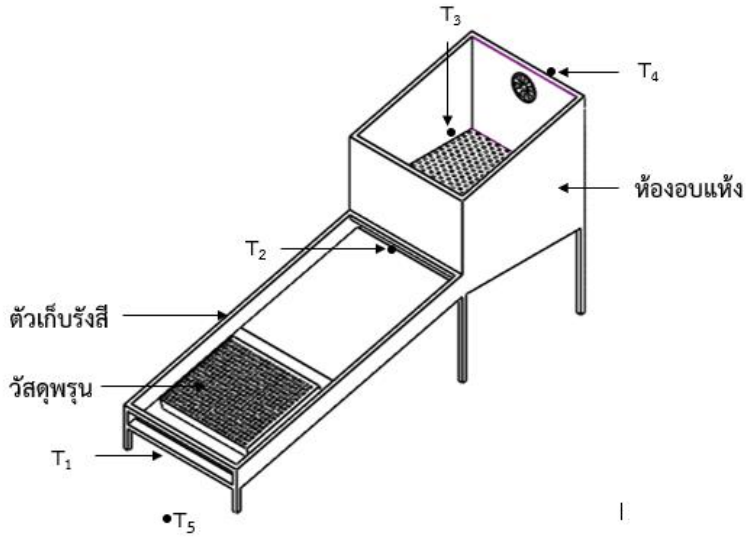
ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จึงศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมโดยนำวัสดุพรุนติดตั้งในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน ซึ่งวัสดุพรุนมีลักษณะเด่น คือ มีอัตราส่วนระหว่างพื้นผิวสัมผัสต่อปริมาตรสูง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมาก นอกจากนี้วัสดุพรุนยังมีค่าความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนสูงเมื่อเทียบกับวัสดุทึบทั่วไป (ทวีศิลป์ และบัณฑิต, 2554)

และทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพรุนและไม่ติดตั้งวัสดุพรุนโดยใช้ตะไคร้ในการทดสอบเพื่อหาความชื้นและอัตราการอบแห้ง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสม (I.N. Simate, 2003) ที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังรูปที่ 1 โดยนำอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ด้วยพัดลม 12 VDC กระแสตรง ขนาด 8 cm ดูดอากาศไหลผ่านห้องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อช่วยถ่ายเทความชื้นภายในห้องอบแห้งออกสู่อากาศภายนอก เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีตำแหน่งรับพลังงานแสงอาทิตย์สองตำแหน่งคือ ด้านบนห้องอบแห้งและตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โครงสร้างภายนอกทำจากแผ่นสังกะสีติดฉนวนกันความร้อนขนาด 60x65x45 cm^3 มีพื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ด้านบนห้องอบแห้งปิดด้วยกระจกขนาด 60x67 cm^2 เอียงทำมุม 14 องศา กับแนวระดับตัวเก็บรังสีอาทิตย์โครงสร้างภายนอกทำจากไม้อัดขนาด 60×120×10 cm^3 แผ่นดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ทำจากสังกะสีแผ่นเรียบพ่นสีดำด้าน ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 0.5 cm เอียงทำมุม 14 องศา กับแนวระดับ ด้านในหุ้มฉนวนกันความร้อน การทดสอบกรณีใช้วัสดุพรุนติดตั้งในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ใช้โลหะลวดตาข่ายสี่เหลี่ยมชุบกัลวาไนซ์วางซ้อนทับกันขนาด 55x30x5 cm^3 ติดตั้งบนแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ห่างจากทางเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ดวงอาทิตย์ 10 cm โดยใช้ลวดตาข่ายต่างขนาดเพื่อให้มีค่าความพรุนต่างกัน

การทดลองดำเนินการภายใต้สภาวะกลางแจ้งแสงแดดจากดวงอาทิตย์จริง เริ่มการทดลองเวลา 09.00 – 16.00 น. ทดสอบโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้วัสดุพรุนและไม่ใช้วัสดุพรุนติดตั้งในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์และสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้ 1) นำตะไคร้สดล้างและคัดแยกสิ่งเจือปนออก หั่นประมาณ 1 นิ้ว ลอกเอากาบใบออก 2) นำตะไคร้สดเข้าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องละ 500 g โดยทดสอบติดตั้งวัสดุพรุนและไม่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทดสอบพร้อมกัน 4 เครื่อง โดยเครื่องที่หนึ่งทดสอบกรณีไม่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เครื่องที่สองถึงเครื่องที่สี่จะทดสอบกรณีติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ค่าความพรุนต่างกัน 3) เปิดสวิตช์พัดลมและปรับความเร็วลมโดยใช้ค่าความเร็วลม 0.5 m/s วัดที่ตำแหน่งทางออก บันทึกอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 1 และน้ำหนักของตะไคร้ทุกๆ 30 นาที 4) ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 1) ถึง 3) โดยปรับเปลี่ยนค่าความเร็วลมเป็น 1.0 และ 1.5 m/s ตามลำดับ จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณและวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

T_1 = อุณหภูมิอากาศทางเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ T_2 = อุณหภูมิอากาศทางออกของตัวเก็บรังสีอาทิตย์
T_3 = อุณหภูมิอากาศภายในเครื่องอบแห้ง T_4 = อุณหภูมิอากาศทางออกของห้องอบแห้ง
T_5 = อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม

การคำนวณประสิทธิภาพแผงเก็บรังสีดวงอาทิตย์ขณะใดขณะหนึ่ง (Sopian K. et al., 1999) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 1

$$\eta = \frac{Q}{A_c \times G_T} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ

η คือ ประสิทธิภาพแผงเก็บรังสีอาทิตย์ (%)
Q คือ ความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (J/s)
A_c คือ พื้นที่รับรังสี (m^2)
G_T คือ ค่าพลังงานตกกระทบ (W/m^2)

ความชื้นมาตรฐานเปียก เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในเนื้อวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้น ความชื้นในวัสดุดังสมการที่ 2

$$M_w = \frac{w-d}{w} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%w.b.)
w คือ มวลของวัสดุ (kg)
d คือ มวลวัสดุแห้ง (kg)

อัตราการอบแห้ง เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่แสดงถึงค่าประสิทธิภาพการอบแห้งของการลดความชื้นของวัสดุ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 3

$$DR = \frac{m_i - \mathrm{m}_t}{t} \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ

DR คือ อัตราการอบแห้ง ($kg_{water\ evap.}/hr$)
m_i คือ มวลของวัสดุที่เวลาเริ่มต้น (kg)
m_t คือ มวลของวัสดุที่เวลาใดๆ (kg)
t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr)

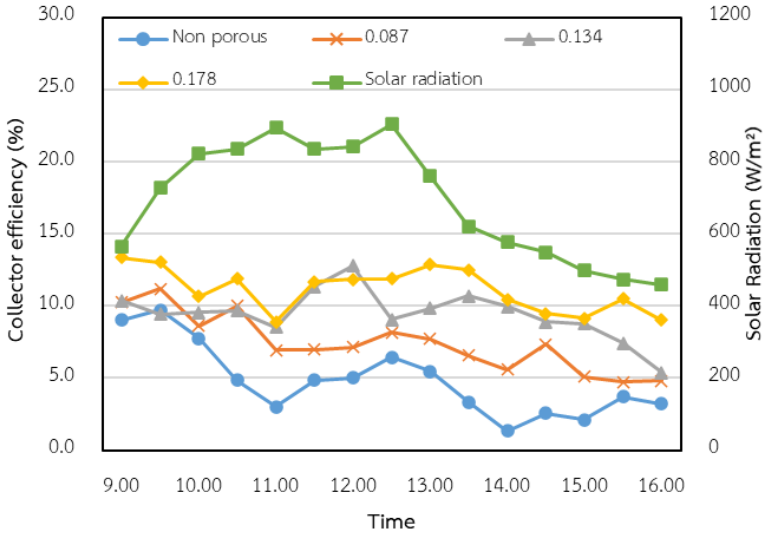
ผลการวิจัย

การศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมใช้วัสดุพรุนและไม่ใช้วัสดุพรุนติดตั้งในตัวเก็บรังสี ที่มีการไหลเวียนอากาศแบบบังคับ มีผลการทดสอบดังต่อไปนี้

การทดสอบอบแห้งตะไคร้ที่ความเร็วลม 0.5 m/s

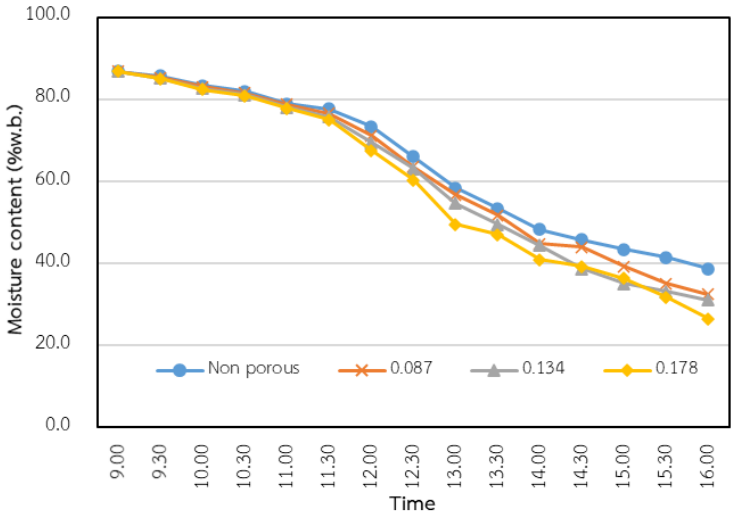
การทดสอบอบแห้งตะไคร้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 0.5 m/s ทำการทดสอบวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีผลการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ความเร็วลม 0.5 m/s แสดงดังรูปที่ 2 จากข้อมูลพบว่า ค่าพลังงานตกกระทบเฉลี่ยตลอดการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 690.4 W/m^2 ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 % ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.40, 9.45 และ 11.14 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนมีความแปรปรวนเล็กน้อย ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากวัสดุพรุนทำหน้าที่เป็นตัวเก็บสำหรับเพื่อรักษาอุณหภูมิให้สูงขึ้นแม้ในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยในช่วงค่าพลังงานตกกระทบต่ำ (Sopian K. et al., 2007)



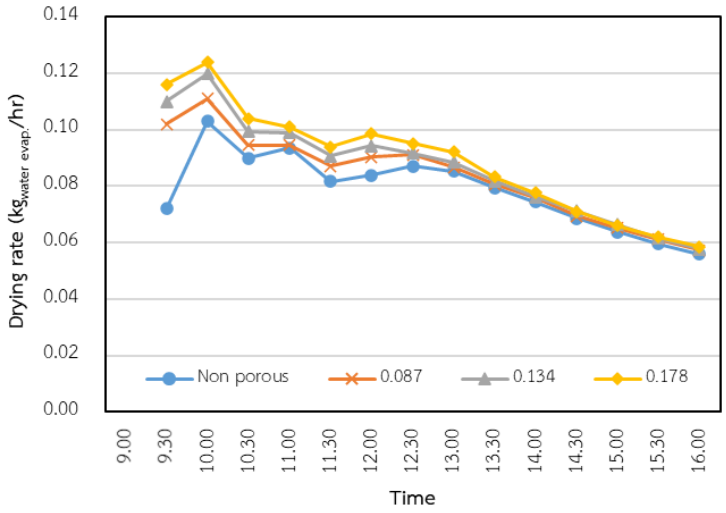
รูปที่ 2 ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ความเร็วลม 0.5 m/s

ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 0.5 m/s แสดงข้อมูลดังรูปที่ 3 จากข้อมูลพบว่า ค่าความชื้นเริ่มต้นของตะไคร้สดมีค่าเท่ากับ 86 %w.b. ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนที่เวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 38.7 %w.b. ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 ที่เวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 32.4, 31.0 และ 26.4 %w.b. ตามลำดับ และแสดงว่าความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน สามารถลดความชื้นของตะไคร้ได้มากกว่าไม่มีวัสดุพรุน



รูปที่ 3 ความชื้นของตะไคร้ที่ความเร็วลม 0.5 m/s

อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 0.5 m/s แสดงข้อมูลดังรูปที่ 4 พบว่าอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0560 $kg_{water\ evap}$/hr อัตราการอบแห้งตะไครhที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0574, 0.0577 และ 0.0586 $kg_{water\ evap}$/hr ตามลำดับ และแสดงว่าอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน มีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งวัสดุพรุน



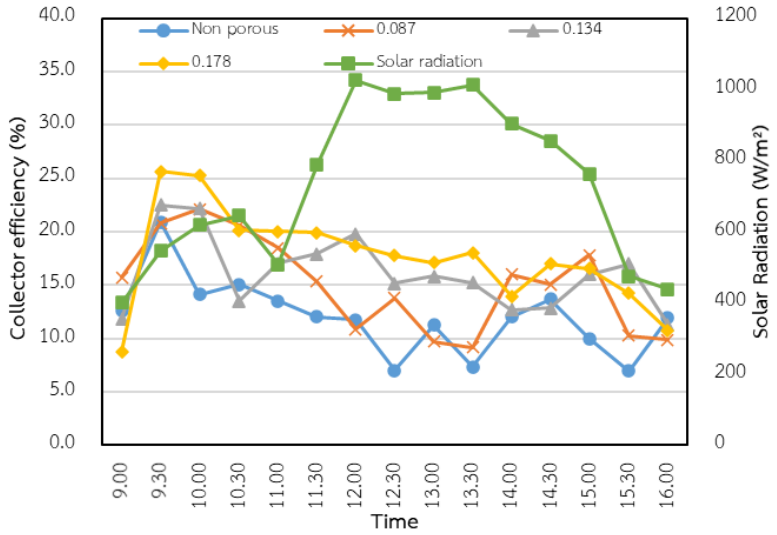
รูปที่ 4 อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่ความเร็วลม 0.5 m/s

การทดสอบอบแห้งตะไคร้ที่ความเร็วลม 1.0 m/s

การทดสอบอบแห้งตะไคร้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.0 m/s ทำการทดสอบวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีผลการทดสอบ ดังนี้

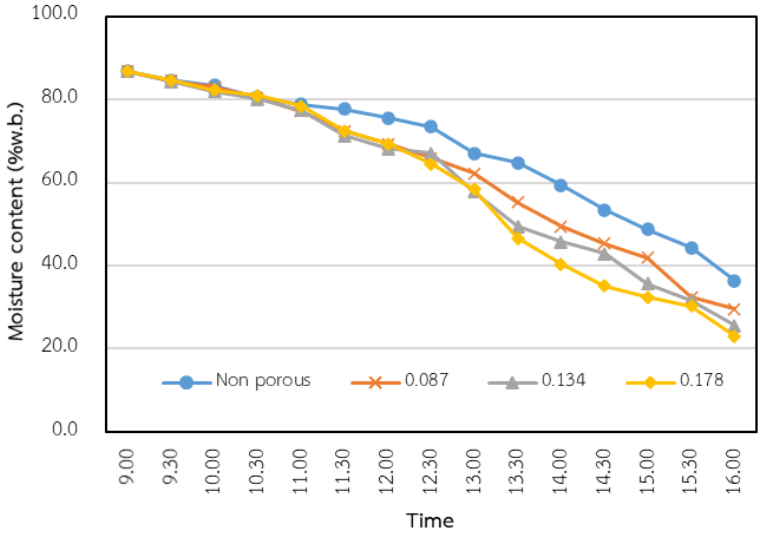
การทดสอบประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.0 m/s แสดงดังรูปที่ 5 จากข้อมูลพบว่า ค่าพลังงานตกกระทบเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 731.0 W/m^2 ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 12.3 % ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.05, 16.11 และ 17.60 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนมีความแปรปรวนเล็กน้อย ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.0 m/s

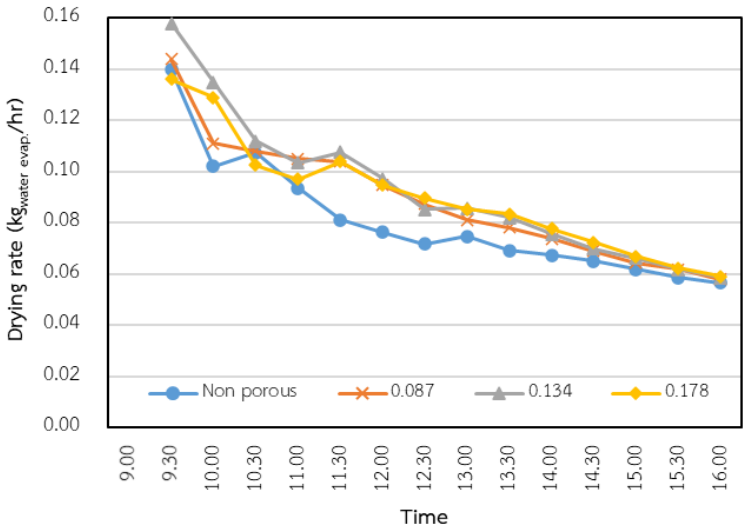
ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.0 m/s แสดงข้อมูลดังรูปที่ 6 จากข้อมูลพบว่า ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนที่เวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 36.3 %w.b. ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 ที่เวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 29.5, 25.6 และ 23.0 %w.b. ตามลำดับ และแสดงว่าความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน สามารถลดความชื้นของตะไคร้ได้มากกว่าไม่มีวัสดุพรุน



รูปที่ 6 ความชื้นของตะไคร้ที่ความเร็วลม 1.0 m/s

อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.0 m/s แสดงข้อมูลดังรูปที่ 7 พบว่าอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0566 $kg_{water\ evap}$/hr

อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0580, 0.0587 และ 0.0591 $kg_{water\ evap}/hr$ ตามลำดับ และแสดงว่าอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน มีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งวัสดุพรุน

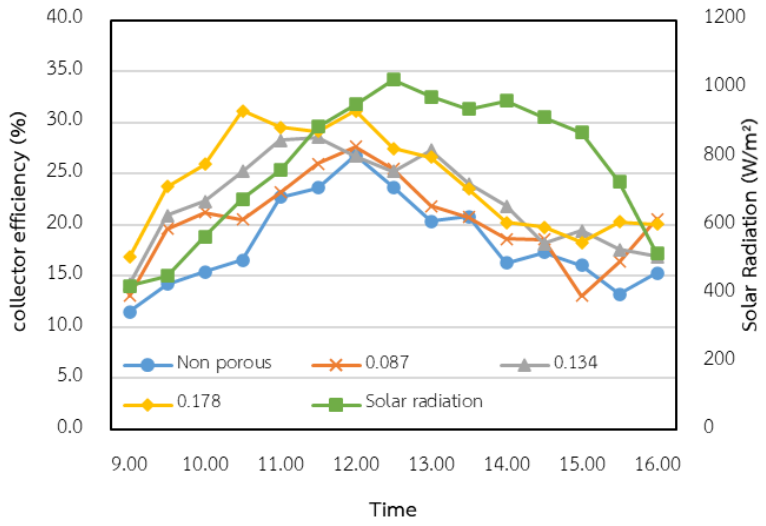


รูปที่ 7 อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่ความเร็วลม 1.0 m/s

การทดสอบอบแห้งตะไคร้ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

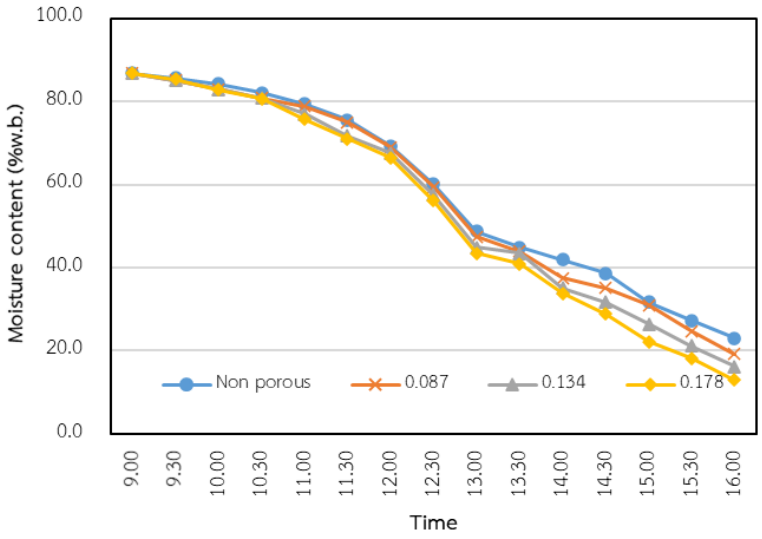
การทดสอบอบแห้งตะไคร้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.5 m/s ทำการทดสอบวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีผลการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.5 m/s แสดงดังรูปที่ 8 จากข้อมูลพบว่า ค่าพลังงานตกกระทบเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 776.5 W/m^2 ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.25 % ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.45, 22.46 และ 24.26 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนมีความแปรปรวนเล็กน้อย ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

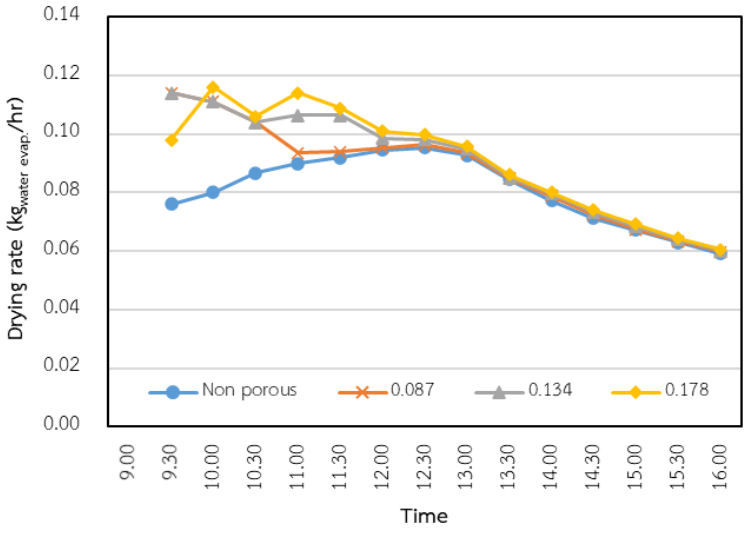
ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.5 m/s แสดงข้อมูลดังรูปที่ 9 จากข้อมูลพบว่า ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนที่เวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 23.0 %w.b. ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 ที่เวลา 16.00 น. มีค่าเท่ากับ 19.2, 16.2 และ 12.8 %w.b. ตามลำดับ และแสดงว่าความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน สามารถลดความชื้นของตะไคร้ได้มากกว่าไม่มีวัสดุพรุน



รูปที่ 9 ค่าความชื้นของตะไคร้ที่ความเร็วลม 1.5 m/s

อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วลม 1.5 m/s แสดงข้อมูลดังรูปที่ 10 พบว่าอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0591 $kg_{water\ evap}$/hr อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0597, 0.0601 และ 0.0606 $kg_{water\ evap}$/hr ตามลำดับ และแสดงว่าอัตรา

การอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุน มีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งวัสดุพรุน



รูปที่ 10 อัตราการอบแห้งที่ความเร็วลม 1.5 m/s

การอภิปรายผล

จากผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนและไม่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์อบแห้งตะไคร้ พบว่า

1) การติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำให้ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำให้อุณภูมิทางออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น (K. Sopian et al., 1999; Omer and Zala, 2017) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อค่าความพรุนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น การทดสอบที่ความเร็วลม 0.5 m/s ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.58, 4.63 และ 6.32 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน การทดสอบที่ความเร็วลม 1.0 m/s ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.76, 3.81 และ 5.30 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน การทดสอบที่ความเร็วลม 1.5 m/s ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.20, 4.21 และ 6.01 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน

2) ความชื้นของตะไคร้จะลดลงตามระยะเวลาการอบแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่า ตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ช่วยให้ความชื้นของตะไคร้ลดลงเร็วกว่าการ อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ได้ติดตั้งวัสดุพรุน เนื่องจากการติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำให้อุณภูมิทางออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น และส่งผลให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงขึ้นซึ่งที่อุณหภูมิสูงทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิตัวกลางและตะไคร้มีค่าสูง ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารได้ดี (ละมุล และณัฐพล, 2553) โดยการทดสอบที่ความเร็วลม 0.5 m/s ความชื้นของตะไคร้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 มีค่าความชื้นลดลง 16.3, 19.9 และ 31.8 % ตามลำดับ เมื่อเทียบความชื้นตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน การทดสอบที่ความเร็วลม 1.0 m/s ความชื้นของตะไคร้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 มีค่าความชื้นลดลง 18.7, 25.6 และ 36.6% ตามลำดับ เมื่อเทียบความชื้นตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน การทดสอบที่ความเร็วลม 1.5 m/s ความชื้นของตะไคร้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 มีค่าความชื้นลดลง 16.5, 29.6 และ 44.3% ตามลำดับ เมื่อเทียบความชื้นตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน

3) อัตราการอบแห้งตะไคร้มีค่าสูงในช่วงแรกเนื่องจากช่วงแรกความชื้นในตะไคร้มีปริมาณมากและความชื้นสามารถแพร่ออกจากผิวผลิตภัณฑ์ได้ง่าย จากนั้นอัตราการอบแห้งจะเริ่มลดลงเนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์เหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหน้าผลิตภัณฑ์อย่างไม่ต่อเนื่องส่งผลให้ค่าอัตราการอบแห้งลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ช่วยให้อัตราการอบแห้งของตะไคร้เฉลี่ยสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิในห้องอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นจึงส่งผลให้อัตราการอบแห้งตะไคร้มีค่าเพิ่มขึ้น การทดสอบที่ความเร็วลม 0.5 m/s อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 มีอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.5, 3.0 และ 4.6% ตามลำดับ เมื่อเทียบอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน การทดสอบที่ความเร็วลม 1.0 m/s อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 มีอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.4, 3.7 และ 4.4% ตามลำดับ เมื่อเทียบอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน การทดสอบที่ความเร็วลม 1.5 m/s อัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนที่ค่าความพรุน 0.087, 0.134 และ 0.178 มีอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.0, 1.7 และ 2.5% ตามลำดับ เมื่อเทียบอัตราการอบแห้งตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุน

บทสรุป

การติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ สามารถเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยส่งผลให้ความชื้นของตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ลดลงเร็วกว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ได้ติดตั้งวัสดุพรุน ตะไคร้ที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ช่วยให้อัตราการอบแห้งของตะไคร้เฉลี่ยสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อติดตั้งวัสดุพรุนที่มีค่าความพรุนสูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น ความชื้นของตะไคร้ลดลงเร็วกว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งวัสดุพรุนที่มีค่าความพรุนต่ำ และช่วยให้อัตราการอบแห้งของตะไคร้เฉลี่ยสูงขึ้น แต่ในการทดสอบนี้ยังขาดการเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเนื่องจากการติดตั้งวัสดุพรุนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นการขวางทิศทางการไหลของอากาศ และหากสามารถปรับความเร็วลมอัตโนมัติให้เหมาะสมกับค่าพลังงานตกกระทบ ณ ช่วงเวลาขณะนั้นอาจจะส่งผลต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัย นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ศูนย์วิจัยพลังงานและนวัตกรรม คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยจนทำให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ทวีศิลป์ เล็กประดิษฐ์ และบัณฑิต กฤตาคม. (2554). การศึกษาอิทธิพลของวัสดุพรุนตัวแผ่รังสีต่อการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟชนิดวัสดุพรุนโดยใช้เชื้อเพลิงเหลว. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 19-21 ตุลาคม 2554. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กระบี่.

ละมุล วิเศษ และณัฐพล ภูมิสะอาด. (2553). การอบแห้งใบตะไคร้ภายใต้อุณหภูมิและตัวกลางแตกต่างกัน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1): 277-280.

วาณิช นิลนนท์ และสุธิดา พิทักษ์วินัย. (2561). การประเมินสมรรถนะของตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบด้วยการวิเคราะห์พลังงานและเอกเซอร์จี. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 14(3): 116-137.

สำรวย ภูบาล, สำรวย รังสิทธุ์, พิสุทธิ์ แท่นทอง, เสฏฐวุฒิ ดวงจันทร์ และปรีดา จันทวงษ์. (2555). การศึกษาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ติดแผ่นครีบเพื่อทำอากาศร้อนในการอบแห้ง. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 8(3): 9-17.

Bashria A.A.Y. and Nor M.A. (2008). Performance analysis for flat plate collector with and without porous media. Journal of Energy in Southern Africa. 19(4): 32-42.

I.N. Simate. (2003). Optimization of mixed-mode and indirect-mode natural convection solar dryer. Renewable Energy. 28(3): 435-453.

Hana E., Hadi S.A. and Payman S. (2021). Improving the thermal efficiency of a solar dryer using phase change materials at different position in the collector. Solar Energy. 220: 535-551

Sopian K., Supranto, Daud W.R.W., Othman M.Y. and Yatim B. (1999). Thermal performance of the double-pass solar collector with and without porous media. Renewable energy. 18: 557-564

Sopian K., Supranto, Daud W.R.W., Othman M.Y. and Yatim B. (2007). Double-pass solar collectors with porous media suitable for higher-temperature solar-assisted drying systems. Journal of engineering. 133: 13-18

Omer K. A. and Zala A. M. (2017). Influence of porous media on the performance of hybrid PV/Thermal collector. Renewable energy. 112: 378-387

Messaoud S., Abdelghani B. and Djamel M. (2019). Improvement of the thermal performance of solar drying systems using different techniques: A review. Journal of solar energy engineering. 141: 050802-1 - 050802-11

Zhimin L., Hao Z., Runsheng T., Tao L., Wenfeng G. and Yue Z. (2006). Experimental investigation on solar drying of salted greengages. 31(6): 837-847.