

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่
ติดตั้งครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอก

Increasing the thermal efficiency of a solar dryer by installing
cylindrical heat-conducting fins.

สมมาตร สุพรรณพงษ์¹, วิฑูรย์ ชิงถ้วยทอง¹ และ จารุมาศ รักทองหล่อ^{2*}

Sommart Subannapong¹, Witoon Chingtuaythong¹ and Jarumast Raktonglor^{2*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

²สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

¹Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

²Department of Logistics Management, Faculty of Management Science, Thepsatri Rajabhat University

*Jarumast.r@lawasri.tru.ac.th

Received: April 05, 2024; Revised: April 18, 2024; Accepted: April 19, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยติดตั้งครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอกบริเวณหลังคารับแสงอาทิตย์ การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอกภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันจำนวน 4 เงื่อนไข การระบุชื่อกรณีศึกษา A, B, C, และ D กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่า ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอกตามเงื่อนไขกรณีศึกษา D ช่วยเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนให้กับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงถึง 111.4 W และให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนเท่ากับ 21.18 % ผลการศึกษาที่ได้กรณีนี้มีค่าสูงกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนถึง 1.54 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s

คำสำคัญ : ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, ครีบนำความร้อน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

Abstract

This paper presents a technique for increasing the thermal efficiency of a solar dryer by installing cylindrical heat-conducting fins on the roof of solar collector. This study compared the results of the application of cylindrical fins under four different conditions, named as case studies A, B, C, and D, with a traditional solar dryer. The parameter used in the comparative study is the temperature inside the dryer. Heat transfer rate and thermal efficiency of solar dryer. The experimental results showed that the solar dryer equipped with cylindrical heat-conducting fins at the test conditions in case study D increased the heat transfer value of the solar dryer up to 111.4 W and provided the thermal performance value of 21.18 %. The results obtained in this case are 1.54 times higher than the case traditional solar dryer at a flow rate of 7.63×10^{-3} kg/s.

Keywords : Solar drying cabine, heat conductor fins, Thermal efficiency

1. บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรูปแบบหนึ่งที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในการใช้งานและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับการตากแดด ตู้อบแห้งสามารถช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและการปนเปื้อนจากเชื้อโรค ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้นและยังช่วยลดระยะเวลาเมื่อเทียบกับการตากแห้งจากแสงอาทิตย์โดยตรง จากข้อมูลที่ว่าข้างต้นการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีประโยชน์มากกว่าการนำอาหารไปตากแดดโดยตรงซึ่งเป็นผลทำให้อาหารได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ได้

กระบวนการทำแห้งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน การอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ การอบแห้งแบบบีบความร้อนเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความร้อน แต่ระบบต้องการพลังงานค่อนข้างสูง การอบแห้งระบบไอน้ำร้อนยวดยิ่งเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จำพวกเนื้อสัตว์หรืออาหารทะเลเนื่องจากสามารถใช้ความร้อนสูงในการอบแห้งได้ แต่ก็มีการใช้พลังงานสูงสำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในระบบอบแห้งนั้นเป็นระบบที่ไม่ต้องใช้พลังงานสำหรับการอบแห้งและมีต้นทุนการสร้างระบบอบแห้งที่ค่อนข้างต่ำและเหมาะสมจะนำมาประยุกต์ใช้เกษตรกรทั่วไป เนื่องจากระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้ ธนกร หอมจำปา และ คณะ [1] ได้ศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพูนและไม่ติดตั้งวัสดุพูนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบเป็นชนิดแผ่นเรียบขนาด $60 \times 120 \times 10 \text{ cm}^3$ วัสดุพูนขนาด $55 \times 30 \times 5 \text{ cm}^3$ ติดตั้งบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ห้องอบแห้งขนาด $60 \times 65 \times 45 \text{ cm}^3$ และใช้ตะไคร้ในการทดสอบอบแห้งปัจจัยที่ศึกษาคือ โลหะลวดตาข่ายที่ค่าความพูน 0.087, 0.134 และ 0.178 ทดสอบภายใต้แสงแดดธรรมชาติที่ความเร็วลม 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s สมรรถนะที่ศึกษาคือประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ค่าความชื้นและอัตราการอบแห้งของตะไคร้ จากผลการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้ง

พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพูนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีสมรรถนะสูงกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมไม่ติดตั้งวัสดุพูนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ นอกจากนี้ยังพบว่า การทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์แบบผสมติดตั้งวัสดุพูน เมื่อเพิ่มค่าความพูนทำให้สมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความชื้นของตะไคร้ลดลงและทำให้อัตราการอบแห้งของตะไคร้เฉลี่ยสูงขึ้น พลวัฒน์ พลเดช และ โสภกา แคนสี [2] ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและการเตรียมปลานิลที่มีผลต่อคุณภาพอบแห้งของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกหลังคาทรงโค้งพาราโบลาปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตมีขนาดความกว้าง 3.0 m ยาว 4.0 m และ สูง 2.3 m และติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 3.4 watts ใช้ปลานิลขนาดเล็กที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันเป็นตัวอย่างทดสอบเตรียมให้แตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ ปลาที่แผ่ และปลาที่ไม่แผ่ หมักด้วยเครื่องปรุงรสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดธรรมชาติ ตั้งแต่เวลา 9.00-17.00 น. เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์อบแห้งทดสอบหาคุณภาพด้านความชื้น สี และวอเตอร์แอกทีวิตี ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม $12.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีค่าต่ำกว่าภายนอก 13 \%RH ส่งผลให้เครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นปลานิลจาก 80 \%w.b. เป็น 25.8 \%w.b. ลดความชื้นได้มากกว่าการตากแดดธรรมชาติถึง 6.2 \%w.b. นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของการเตรียมปลานิลส่งผลต่อค่าความชื้น และค่าวอเตอร์แอกทีวิตี แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) วสันต์ จินธาดา และ พรชัย เพชรสงคราม [3] ได้ศึกษาลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนโดยธรรมชาติสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น ในกรณีที่มีพื้นที่การสร้างเท่ากัน ความสูงเท่ากัน ขนาดช่องระบายอากาศและความสูงของช่องระบายอากาศเท่ากัน ด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงแตกต่างกัน 3 แบบ คือ 1) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม 2) โรงอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ตัวห้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมส่วนหลังคาเป็นรูปทรงโค้ง และ 3) โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา จากผลการทดลองโดยวิเคราะห์จากโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสามแบบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด จึงส่งผลให้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการอบแห้งยางพาราแผ่นได้ดีที่สุดซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสำหรับการอบแห้งยางพาราแผ่น 50 °C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 37 % ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 35 °C ความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 60 % ค่ารังสีดวงอาทิตย์ 200-1,100 W/m² สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นให้มีความชื้นต่ำกว่า 1 % มาตรฐานแห้ง เป็นยางพาราแผ่นคุณภาพดี โดยใช้เวลาในการอบแห้งยางพาราแผ่น 5 วัน ศิริชัย ศิริชนะ และ คณะ [4] ได้ศึกษาการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการควบคุมพัดลมระบายอากาศ ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศคือผลต่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ทางเข้าและทางออกห้องอบแห้ง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีเทคนิคการอบแห้งแตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติ (PSD) และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งชุดควบคุมความแตกต่างความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 5 % (SD-RH5), 10 % (SD-RH10) และ 15 % (SD-RH15) ตามลำดับ และได้เลือกเนื้อหมูที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 265±2 %d.b. เป็นตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ อัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) การควบคุมพัดลมระบายอากาศสามารถเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2) สมรรถนะ SD-RH10 สูงกว่า SD-RH5, SD-RH15 และ PSD 3) อัตราการอบแห้ง SD-RH10 สูงกว่า SD-RH5, SD-RH15 และ PSD โดยเฉลี่ยประมาณ 1.93 %, 3.38 % และ 3.38 % ตามลำดับ 4) ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ SD-RH10 ต่ำกว่า SD-RH5, SD-RH15 และ PSD เฉลี่ยประมาณ 7.54 %,

2.16 % และ 1.86 % ตามลำดับ และสุดท้ายประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ PSD, SD-RH5, SD-RH10 และ SD-RH15 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.47 %, 8.11 %, 8.68 % และ 8.46 % ตามลำดับ ศิริชัย ศิริชนะ และ คณะ [5] ได้ศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีห้องอบแห้งจำนวน 4 ห้อง เพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนอากาศแบบธรรมชาติ (PSD) และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไหลเวียนแบบบังคับ (ASD) โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ใช้ใน ASD เท่ากับ 0.03 m³/s (ASD0.03), 0.06 m³/s (ASD0.06) และ 0.09 m³/s (ASD0.09) ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้เนื้อหมูที่มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 265 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง เป็นตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ อัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ผลการศึกษาพบว่าสมรรถนะ ASD สูงกว่า PSD นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการอบแห้งของเครื่อง ASD0.06 สูงกว่าอัตราการอบแห้ง PSD, ASD0.03 และ ASD0.09 เท่ากับร้อยละ 19.35, 10.52 และ 8.86 ตามลำดับ ในขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ASD0.06 น้อยกว่า PSD, ASD0.03 และ ASD0.09 เท่ากับร้อยละ 26.56, 17.13 และ 15.65 ตามลำดับ และสุดท้ายยังพบว่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ PSD, ASD0.03, ASD0.06 และ ASD0.09 มีค่าเท่ากับร้อยละ 11.68, 12.68, 14.91 และ 12.91 ตามลำดับ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในอดีตพบว่า งานวิจัยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการอบแห้งมีความเหมาะสมกับประเทศไทย เนื่องจากมีความเข้มแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงสามเหลี่ยมมุมฉากที่ใช้วัสดุหลังคารับแสงแบบแผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย ซึ่งแผ่นโพลีคาร์บอเนตมีคุณสมบัติช่วยกักเก็บความร้อนภายในห้องอบแห้งจากภาวะเรือนกระจก

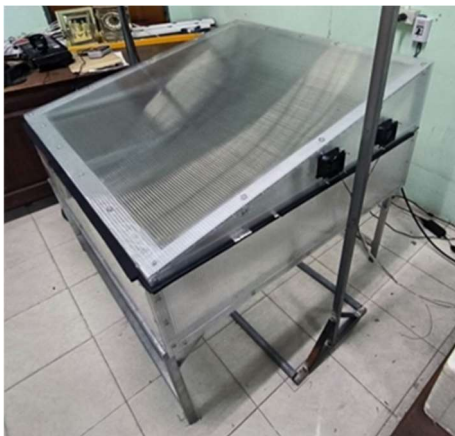
จากข้อมูลที่ทำการศึกษาผู้วิจัยต้องการพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น โดยส่งผลให้การลดความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งทำได้เร็วขึ้น สำหรับวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะ

ดำเนินการพัฒนาโดยติดครีบนำความร้อนบริเวณหลังคาร์บ
แสงอาทิตย์สำหรับนำความร้อนจากภายนอกมายังห้อง
อบแห้ง ซึ่งครีบนำความร้อนจะเป็นตัวช่วยนำความร้อนจาก
แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบริเวณหลังคาร์บแสง โดยทำศึกษา
อุณหภูมิภายในบริเวณอบแห้ง อัตราการถ่ายเทความร้อน
และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงาน
แสงอาทิตย์หลังคาสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีการติดตั้งครีบนำ
ความร้อนรูปทรงกระบอกเปรียบเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งครีบนำ
ความร้อน

2. วิธีการวิจัย

2.1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ

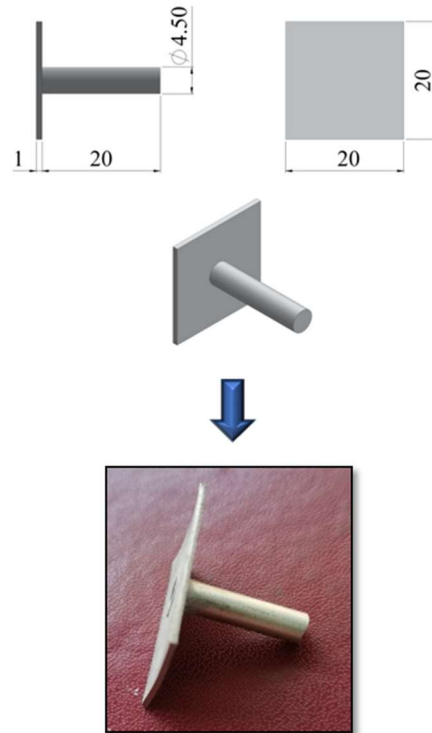
ตู้อบแห้งพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ต้นแบบเป็นชนิด
หลังคาร์บแสงอาทิตย์แบบสามเหลี่ยมมุมฉากมีขนาดพื้นที่
อบแห้งเท่ากับ $1 \times 1 \text{ m}^2$ และมีพื้นที่รับแสงอาทิตย์ (A_s) เท่ากับ
 1.04 m^2 เป็นตู้อบแห้งชนิดสามเหลี่ยมมุมฉากที่ใช้วัสดุ
ประเภทโพลีคาบอ-เนตชนิดโปร่งใส ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลังคาร์บ
แสงอาทิตย์แบบสามเหลี่ยมมุมฉากขนาด $1 \times 1 \text{ m}^2$

2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

2.2.1 ครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอก

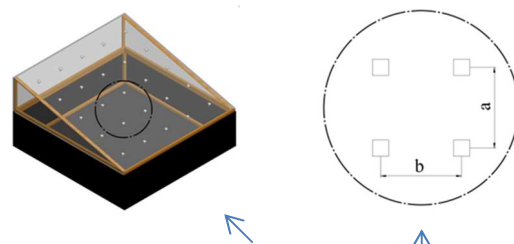


รูปที่ 2 ครีบนำความร้อนแบบทรงกระบอก

2.2.2 การติดตั้งครีบนำความร้อนแบบทรงกระบอก



รูปที่ 3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดหลังคาสามเหลี่ยม
มุมฉากที่ติดตั้งครีบนำความร้อน



รูปที่ 4 ลักษณะการติดตั้งครีบนำความร้อนทรงกระบอกบน
หลังคาร์บแสงอาทิตย์แบบสามเหลี่ยมมุมฉาก

สำหรับการติดตั้งครีบนำความร้อนบนหลังคา รับแสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งจะดำเนินการโดยการเจาะรูบนหลังคาขนาด \varnothing 4.5 mm โดยมีระยะห่าง a และ b ดังตารางที่ 1. ตามเงื่อนไขการศึกษา A-D และนำครีบนำความร้อน ดังรูปที่ 2 ติดตั้งโดยการนำแกนครีบทรงกระบอกใส่ในรูที่ทำการเจาะไว้ โดยให้แผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 20 mm x 20 mm (แผ่นรับแสง) สัมผัสกับแสงอาทิตย์เพิ่มใช้สำหรับส่งถ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านครีบนำความร้อนสู่ห้องอบแห้ง ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 1 เงื่อนไขทดสอบการติดตั้งครีบนำความร้อนทรงกระบอก

เงื่อนไขทดสอบ	ระยะห่างทดสอบ	
	a (cm)	b (cm)
A	10	10
B	10	20
C	20	10
D	20	20

3. วิธีการทดลอง

3.1 การทดลอง

การทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนรูปแบบต่างๆ โดยจ่ายพลังงานความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนเสมือนจากหลอดไฟฮาโลเจน ขนาด 1500 W จำนวน 1 หลอด ทำการทดลองดังนี้

1) ทดสอบหาค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เสมือนของหลอดไฟฮาโลเจน มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1.1) เปิดการทำงานของหลอดไฟฮาโลเจน ที่กำลังไฟฟ้า 1500 W
- 1.2) เปิดเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ (พลังงานความร้อน) รุ่น midi logger gl840
- 1.3) เมื่อค่าอุณหภูมิคงที่ ทำการอ่านค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จากเครื่องวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ รุ่น SMP-1116SD จำนวน 49 จุด
- 1.4) หาค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย (G_T)

2) ทดสอบหาค่าอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง อัตราการถ่ายเทความร้อน และประสิทธิภาพเชิงความร้อนห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (η_{th}) มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 2.1) ตั้งค่าความเร็วของอากาศทางเข้าไว้ที่ 0.81 m/s จากเครื่องวัดความเร็วอากาศ รุ่น DT-619
- 2.2) เปิดแหล่งกำเนิดความร้อนเทียมที่กำลังไฟฟ้า 1500 W
- 2.3) เมื่ออุณหภูมิทางเข้า ทางออกและภายในห้องอบแห้งมีค่าคงที่ ให้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิทางเข้า ทางออกและภายในห้องอบแห้ง
- 2.4) ตั้งค่าความเร็วของอากาศทางเข้าไว้ที่ 1.46 m/s จากเครื่องวัดความเร็วอากาศ รุ่น DT-619
- 2.5) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และ 3
- 2.6) ตั้งค่าความเร็วของอากาศทางเข้าไว้ที่ 1.71 m/s จากเครื่องวัดความเร็วอากาศ รุ่น DT-619
- 2.7) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และ 3

เมื่อทำการทดลองห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กรณีไม่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปจะดำเนินการติดตั้งครีบนำความร้อนในเงื่อนไขทดสอบ A, B, C และ D ทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนที่ 1-7 ตามลำดับ



รูปที่ 5 เครื่องมือวัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์รุ่น SMP-1116SD



รูปที่ 6 เครื่องมือวัดค่าความเร็วของอากาศ รุ่น DT-619



รูปที่ 7 เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ รุ่น midi logger gl840

3.2 สมการ

อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate) คือ อัตราการไหลของปริมาณของไหลที่แสดงโดยมวลในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถคำนวณจากสมการที่ 1

$$\dot{m} = \rho \bar{V} A_c \quad (1)$$

- เมื่อ \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s
 ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m³
 \bar{V} คือ ค่าเร็วเฉลี่ยของอากาศ, m/s
 A_c คือ พื้นที่หน้าตัดทางเข้าและทางออก, m²

อัตราการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) คือ ความสามารถในการถ่ายโอนพลังงานจากแหล่งสะสมความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งสะสมความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ สามารถคำนวณจากสมการที่ 2

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_e - T_i) \quad (2)$$

- เมื่อ \dot{Q} คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อน, W
 \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s
 C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ย, J/kg.°C
 T_i คือ อุณหภูมิที่ทางเข้าตู้อบแห้ง, °C
 T_e คือ อุณหภูมิที่ทางออกตู้อบแห้ง, °C

อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน (TR) คือ สัดส่วนของความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งครีบน้ำความร้อนโดยเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีการครีบน้ำความร้อนสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$TR = \frac{T_F}{T_0} \quad (3)$$

- เมื่อ TR คือ อัตราส่วนการเพิ่มความร้อน
 T_F คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งจากการติดตั้งครีบน้ำความร้อน, °C
 T_0 คือ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งจากการณ์ไม่ติดตั้งครีบน้ำความร้อน, °C

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (η_T) คือ ความสามารถการเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับอบแห้ง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

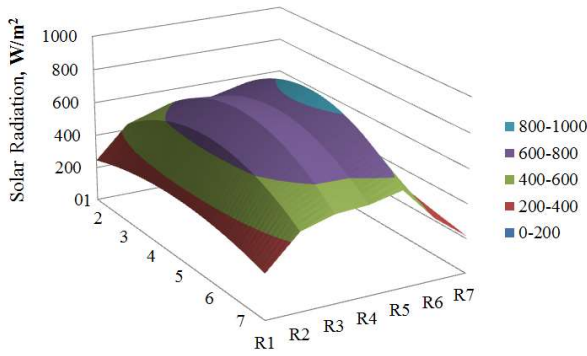
$$\eta_T = \frac{\dot{m} C_p (T_e - T_i)}{G_T A_s} \quad (4)$$

- เมื่อ η_T คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
 A_s คือ พื้นที่รับแสงอาทิตย์, m²
 G_T คือ รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบพื้นที่รับแสงอาทิตย์, W/m²

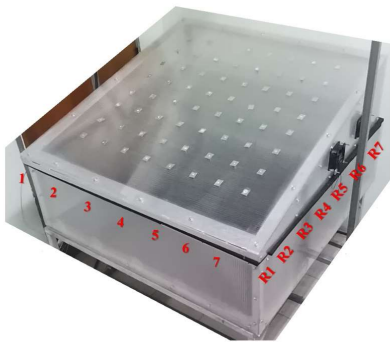
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การกระจายความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

รูปที่ 8. นำเสนอการกระจายความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ของหลอดไฟฮาโลเจนขนาด 1500 W พบว่า ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงบริเวณกึ่งกลางของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 864 W/m² และมีค่าลดลงตามลำดับ เมื่อระยะห่างจากบริเวณกึ่งกลางตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดที่บริเวณขอบของตู้อบแห้งพลังงานอาทิตย์เท่ากับ 246 W/m² และมีค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งตู้เท่ากับ 503 W/m²



(ก) ลักษณะการแผ่รังสีความร้อนเสมือน



(ข) ตำแหน่งการวัดค่ารังสีความร้อนเสมือน

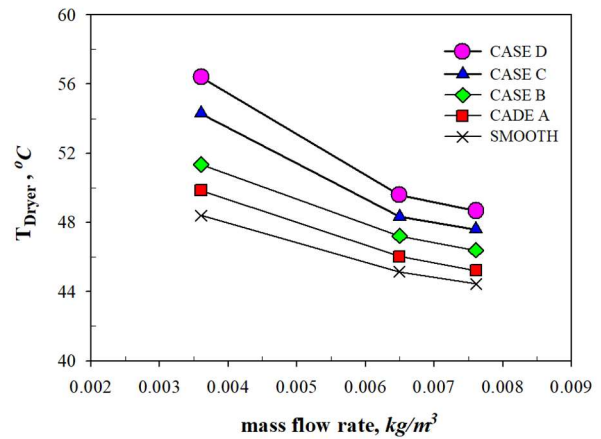
รูปที่ 8 การกระจายรังสีความร้อนเสมือนที่หลังคาตู้อบแห้งต้นแบบ

4.2 อิทธิพลของครีบทวนำความร้อนที่มีผลต่อความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

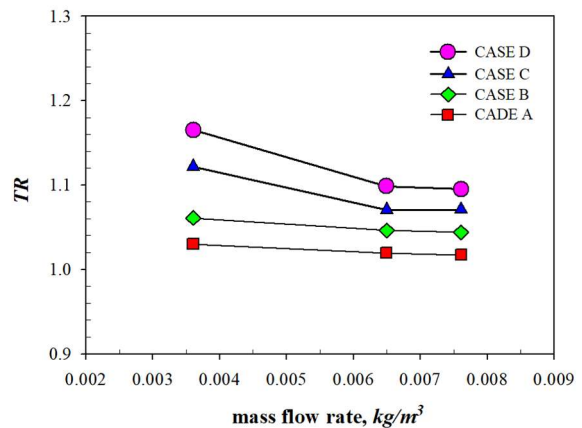
รูปที่ 9. แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นจากกรณีไม่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบเดียวกัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกที่เงื่อนไขทดสอบ D ส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 56.4 °C ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s และต่ำสุดที่ระยะเงื่อนไขทดสอบ A เท่ากับ 45.2 °C ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s

รูปที่ 10. แสดงค่าอัตราส่วนการเพิ่มอุณหภูมิ (TR) ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนแบบต่างๆ พบว่า การติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มสูงขึ้น

จากกรณีไม่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบเดียวกัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกตามเงื่อนไขทดสอบ D จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจากกรณีไม่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.17 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s และต่ำสุดที่เงื่อนไขทดสอบ A เท่ากับ 1.02 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s



รูปที่ 9 อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

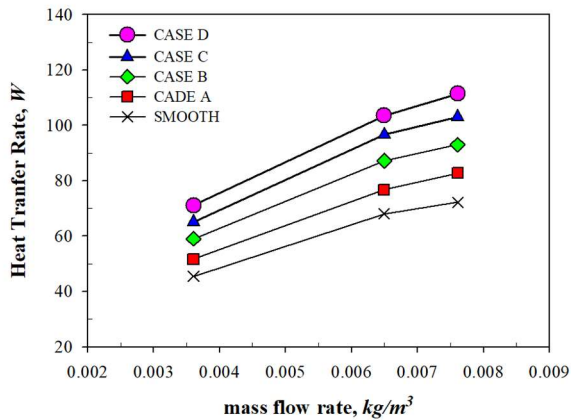


รูปที่ 10 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

4.3 อิทธิพลของครีบทวนำความร้อนที่มีผลต่อการถ่ายโอนความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 11. แสดงค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบทวนำความร้อนแบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งครีบทวนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้ค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งเพิ่มสูงขึ้นจาก

กรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบเดียวกัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบ D จะส่งผลให้ค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 111.44 W ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s และมีค่าต่ำสุดตามเงื่อนไขทดสอบ A เท่ากับ 51.61 W อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s



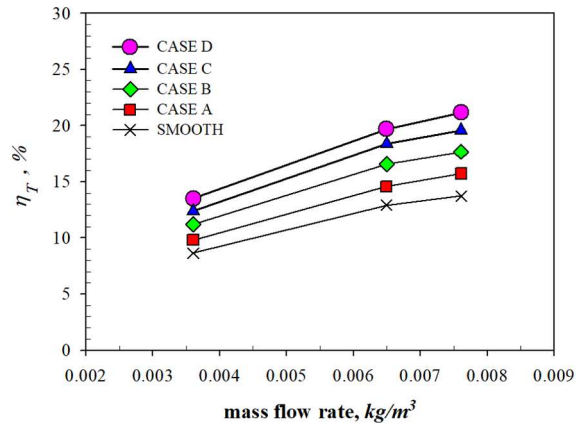
รูปที่ 11 อัตราการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

4.4 อิทธิพลของครีบนำความร้อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 12. แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่แบบต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งครีบนำความร้อนรูปทรงกระบอกจะส่งผลให้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (พลังงานความร้อนสำหรับอบแห้ง) ได้ดีกว่ากรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน และการติดตั้งครีบนำความร้อนจะส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากการศึกษาการติดตั้งครีบนำความร้อนบนหลังคาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถดึงพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานความร้อนสำหรับการอบแห้งได้ดีกว่ากรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน โดยนำเสนอในรูปแบบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์ พบว่าการติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบ D ส่งผลให้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 21.18 % ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s และการติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบ A จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 9.80 % ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อนที่เงื่อนไขทดสอบต่าง ๆ

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งครีบนำความร้อน 4 รูปแบบ (A, B, C, D) ส่งผลให้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นทุกเงื่อนไขทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งครีบนำความร้อน การติดตั้งครีบนำความร้อนตามเงื่อนไขทดสอบ D จะสามารถเพิ่มความร้อน (อุณหภูมิ) ภายในห้องอบแห้งได้สูงสุดเท่ากับ 56.4°C ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 3.61×10^{-3} kg/s และสามารถเพิ่มค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเท่ากับ 111.44 W โดยคิดเป็นค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 21.18 % ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่ากรณีไม่มีการติดตั้งครีบนำความร้อนถึง 1.54 เท่า ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับ 7.63×10^{-3} kg/s

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Homchampa, W. Tassana, P. Tumthong, P. Somsila. Performance of a solar dryer using mixed solar radiation. With porous materials: a case study of baked lemongrass. *Journal of Agriculture and Technology*, 2021. 2(3), 105-116. (in Thai)
- [2] P. Phontecha and S. Kansil. Drying tilapia using a greenhouse-type solar dryer. *Thailand Journal of Agricultural Engineering*, 2020. 26(2), 58-64. (in Thai)
- [3] W. Chinthada and P. Phetsongkram. Shape characteristics of a solar drying plant that affect the drying of rubber sheets. King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2017. 27(1), 89-99. (in Thai)
- [4] S. Sirichan, A. Namkhet, A. Teeboonma, P. Somsila, S. Phumchumpol. Increasing the performance of a solar dryer. *Academic Journal of Industrial Technology and Engineering*, Pibulsongkram Rajabhat University, 2022. 4(2), 187-205. (in Thai)
- [5] S. Sirichan et al. Comparative study of the performance of solar dryers Natural and forced air circulation. *Journal of Farm Engineering and Automation Control Khon Kaen University*, 2020. 8(2), 144-156. (in Thai)
- [6] S. Naebnian, P. Nimnuan, O.Sanochit. Drying Namwa bananas with a household-sized solar dryer. *Journal of Academic Services of Thai Higher Education Institutions Serving Society*, 2020. 1(1), 19-31. (in Thai)
- [7] H. Baka, R. Awae, Z. Kasaw, S. Rojana-Suphan. Study of the efficiency of drying snakehead fish using a combined solar-electric dryer. *Journal of Science and Technology Yala Rajabhat University*, 2016. 1(1), 13-24. (in Thai)
- [8] E. Hana, S. A. Hadi and S. Payman. Improving the thermal efficiency of a solar dryer using phase change materials at different position in the collector. *Solar Energy*, 2021. 220, 535-551
- [9] R. N. Masnaji, B. T. Vinod. A review on performance evaluation of solar dryer and its material for drying agricultural products. *Materials today: Proceedings*, 2021. 46(1): 345-9.
- [10] W. Wei, L. Ming, H. E. Reda, W. Yunfeng, Y. Luwei. Thermal performance of indirect forced convection solar dryer and kinetics analysis of mango. *Applied Thermal Engineering*, 2018. 134: 310-21.
- [11] S. Messaoud, B. Abdelghani, M. Djamel. Improvement of the thermal performance of solar drying systems using different techniques: A review. *Journal of solar energy engineering*, 2019. 141: 050802-1 - 050802-11
- [12] P. K. Muruganatham, R. S. Kamalakannan, S. Mohana. Performance analysis of a tubular solar dryer for drying mexican mint (*Plectranthus amboinicus*) - An experimental approach. *Energy Reports*, 2021. 7: 7-12.
- [13] S. Nabnean, P. Nimnuan. Experimental performance of direct forced convection household solar dryer for drying banana. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2020. 22: 1-11.
- [14] K. M. Narendra, N. Piyush. Review on solar energy dryer for drying the agricultural products. *International Journal for Scientific Research & Development*, 2017. 5(8), 198-203.
- [15] S. Nabnean, S. Janjai, S. Thepa, K. Sudprasert, R. Songprakorp, B. K. Bala Experimental performance of a new design of solar dryer for drying osmotically dehydrated cherry tomatoes. *Renewable Energy*, 2016. 94, 147-156.