

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้ง โดยการปรับมุมเอียงคล้อยตามแสงอาทิตย์ Thermal Efficiency Enhancement of Solar Dryer using Sun Tracking System

ธีรพงศ์ บรรีรักษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

200 ม.1 ถ.รังสิต – นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Theerapong Borirak

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Eastern Asia University

200 m.1 Rangsit - Nakornnayok, Rangsit, Thanyaburi, Pathumtani, 12110

E-mail: t_borirak@eau.ac.th

(Received: October 19, 2018; Accepted: April 12, 2019)

บทคัดย่อ

การถนอมอาหารโดยการตากแห้งเป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ โดยการทำให้เกิดการระเหยน้ำภายในผลิตภัณฑ์ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนของอุปกรณ์ในการตากแห้งขึ้นอยู่กับ การรับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก จากการศึกษากระบวนการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตั้งอยู่กับที่โดยใช้ตู้ ขนาด กว้าง 45 cm ความยาว 108 cm และ ความสูง 38.5 cm และมีกระจกเอียงทำมุม 45° ใช้กล้วยน้ำว้า เป็น ผลิตภัณฑ์ในการทดสอบทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบแห้ง ใช้ระยะเวลา ในการตากแห้ง 8 ชั่วโมงต่อวันทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 9.00 – 17.00 น.จากการทดลองใช้ระยะเวลารวม 24 ชั่วโมง ต่อ การอบ 1 ครั้ง สามารถอบได้ครั้งละ 144 ลูก น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 46.93 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.41 g ความชื้นมาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 79.18% ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ลด เหลือ 29.3% อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบมีค่าเท่ากับ 48.47°C

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นได้นำมาออกแบบวิธีการอบแห้งโดยให้ตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์ ด้วยวิธีการให้แผงรับ ความร้อนสามารถเคลื่อนที่คล้อยตามดวงอาทิตย์ด้วยกลไกการหมุนส่งกำลังจากแม่แรงสะพานซึ่งขับเคลื่อนจากมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง การเคลื่อนที่ของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะปรับให้คล้อยตามดวงอาทิตย์ ครั้งละ 7.5° ต่อชั่วโมง จากการทดลองตู้อบแห้งแบบคล้อยตามแสงอาทิตย์ใช้เวลารวม 20.5 ชั่วโมงน้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 43.15 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 21.2 g ความชื้นมาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือ 24.8% อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบ มีค่าเท่ากับ 52°C สามารถร่นระยะเวลาในการอบกล้วยน้ำว้าได้ 3.5 ชั่วโมง ต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง

คำสำคัญ: ตู้อบแห้ง, เคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์, ความชื้นสัมพัทธ์, ความชื้นมาตรฐานเปียก

ABSTRACT

The solar dryer for food preservation from solar energy to heating the product for evaporate water the thermal efficiency of solar dryer cabinet up to solar energy. This paper concern the study of thermal efficiency of the bananas dryer by the solar drying cabinet size 45 cm x 108 cm x 38.5 cm. and 45° of the mirror angle installation thermometer and humidity meter inside and out side of solar dryer cabinet. The solar dryer cabinet can produce 144 pieces of bananas dryer each batch. It was found from the experiment that, in the duration of 9.00 am – 5.00 p.m. on a clear sky day, and all – day average temperature inside chamber was 46.93°C. The experiment was started from an initial moisture content of bananas of 79.18% wet basis were dried until a final moisture content equaled 29.3% wet basis.

For these data to design solar dryer cabinet with sun tracking by DC motor and scissor jack for rotate the solar dryer cabinet. The experiment was tilted conformable of sun light 7.5 degree/ hr. The experiment was dried until a final moisture content equaled 24.8% wet basis and all – day average temperature inside chamber was 52°C. The experiment can decrease time for dryer the bananas from 24 hr to 20.5 hr.

Keyword: Solar Dryer Cabinet, Sun Tracking, Relative Humidity, Wet basis

1. บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในระหว่างการใช้งานไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง การรบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น และยังช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการประหยัดสำหรับการอบแห้งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติได้เสริม จันทรฉาย และยุทธศักดิ์ บุญรอด [1] ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้กระจกปิด โดยใช้กล้วยน้ำว้าสุกจำนวน 35 – 55 กิโลกรัมเป็นผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิของอากาศในห้องอบแห้งมีค่าระหว่าง 40 – 70 °C กล้วยน้ำว้าที่อบแห้งในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แห้งเร็วกว่าตากแดดธรรมดา 1 – 2 วัน

ประพันธ์พงษ์ สมศิลา และอำไพศักดิ์ ทิบุญมา [2] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลต่อประสิทธิภาพการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือ ขนาดของอัตราส่วนสมมูลระหว่างพื้นที่ทางเข้าออก และฟลักซ์ความร้อน นำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการไหลเวียน

อากาศในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่า หากอัตราส่วนสมมูลระหว่างพื้นที่เข้าและออกของอากาศ และฟลักซ์ความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้การไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น

ธีระศักดิ์ หุดากร [3] ทำการศึกษาศมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องตัวสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยออกแบบให้ตัวเก็บรังสีมีลักษณะเป็นร่องวี โดยใช้อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 0.04 กิโลกรัมต่อวินาที ใช้มะเขือเทศราชินีเชื่อมในการอบแห้ง ทำการอบแห้งครั้งละ 5 กิโลกรัมทดลองในช่วงเวลา 9.00 – 17.00 น. ในวันที่อากาศแจ่มใสเครื่องอบแห้งทำอุณหภูมิสูงสุดที่ 54.10°C ประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีสูงสุดที่ 56.23% และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งสูงสุดที่ 16.90% สามารถร่นระยะเวลาในการตากแดดธรรมดาจากเวลารวม 48 ชั่วโมงเหลือ 24 ชั่วโมง ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 40.30 เปอร์เซ็นต์ตามมาตรฐานเปียก

มันทนา รังสิโยภาส และนทีธินนท์ พงษ์พานิช [4] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์แบบแอคทีฟสำหรับกล้วยสไลซ์ โดยศึกษาเงื่อนไขสภาวะอากาศที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งกล้วยสไลซ์ โดยให้มีแหล่งความร้อนผสมผสานกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบในการ

อบแห้งและติดตั้งพัดลมในระบบให้พาอากาศร้อนจากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ไหลผ่านขดลวดความร้อนก่อนไหลเข้าสู่ห้องอบแห้ง ผลการทดสอบที่ได้เมื่อความเร็วลมที่ทางเข้าเพิ่มขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการอบและค่าความต้องการความร้อนจำเพาะลดลง รวมถึงทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น

สำรวาย ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์ [5] ได้ทำการศึกษารอบแห้งหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนร่วม โดยศึกษาการอบแห้งปลาหมึกกะตอยและเปรียบเทียบระหว่างการตากแดดกลางแจ้งกับการตากในตู้อบที่มีอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบไหลผ่าน ทำการทดลองช่วง 8.00 – 17.00 น. ผลการวิจัยพบว่าหลังการตากแดดกลางแจ้งกับการตากในตู้อบผลิตภัณฑ์มีความชื้นเหลือ 170 และ 70 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห่งจากการศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งผลิตภัณฑ์เป็นรายชั่วโมงพบว่าประสิทธิภาพการอบแห้งลดลงเมื่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงขึ้นแสดงว่าอัตราการอบแห้งมีค่าสม่ำเสมอ

จารุวัฒน์ เจริญจิต [6] ได้นำเสนอเทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ และแนวทางการพัฒนาในประเทศไทย พบว่าสามารถแบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ได้ 3 แบบ คือรับรังสีอาทิตย์โดยตรง, โดยอ้อมและแบบผสม มีลักษณะการหมุนเวียนอากาศภายใน 2 ลักษณะคือหมุนเวียนตามธรรมชาติและหมุนเวียนแบบบังคับ ปัจจัยหลักในการเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์คืออุณหภูมิ, ความเร็ว, และความชื้นของอากาศในระบบ รวมถึงการพัฒนากระบวนการให้มีความสม่ำเสมอ และเพิ่มระยะเวลาการอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์

การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่ใช่เพียงแค่การอบแห้งเพียงอย่างเดียว มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการติดตั้งได้ เป็น 2 แบบคือแบบติดตั้งกับที่และแบบเคลื่อนย้ายตามแสงอาทิตย์ ซึ่ง ศศิวิมล ทรงไตร และคณะ[7] ทำการประเมินความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์และแบบมุมรับแสงคงที่ในประเทศไทยซึ่งทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่าระบบที่มีการติดตั้งแบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่าแบบมุมรับแสงคงที่ 12.68% และมีค่าผลผลิตทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 15.39% ค่าสมรรถนะของระบบแบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าแบบมุมคงที่ 1.87% ซึ่งหากวิเคราะห์จากการเคลื่อนที่

ของดวงอาทิตย์ตามช่วงเวลาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์จึงมีการออกแบบให้มีการสร้างระบบขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดย สมภพ ผดุงพันธ์ [8] ได้ใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานให้ชุดควบคุมขับเคลื่อนให้โซลาร์เซลล์ผลจากการทดสอบสมรรถนะพบว่าแผงโซลาร์เซลล์ให้พลังงานเฉลี่ยสูงกว่าแบบวางคงที่ในแนวนอน 13% ศุภชัย กวินวุฒิกุล [9] ได้ทำการวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมโซลาร์เซลล์ชนิดอะเมอร์ฟัสซิลิคอนใช้กระจกเงาส่งสะท้อนแสงเพิ่มความเข้มแสงอาทิตย์ให้กับเซลล์โดยให้เคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ชนิดเดียวกันที่ไม่เคลื่อนที่ พบว่าแผงโซลาร์เซลล์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์สร้างแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 15.33% ทวีวัช วีระแก้ว [10] ได้ทำการวิจัยชุดขับเคลื่อนและควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ 2 แกน เพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 6 W 12 VDC ผลการวิจัยพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ 2 แกน มีค่ามากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ 38.17% กรรธรรม สติรกุล และอภิญญา บุญประกอบ [11] ได้ทำการพัฒนาระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เพื่อการประยุกต์ใช้ในงานพลังงานทดแทน จากการทดสอบพบว่ามีความแม่นยำมีความผิดพลาดไม่เกิน 2 องศา

จากแนวคิดในการที่จะพัฒนาตู้อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [6] และผลของการศึกษารอบแห้งที่ของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ [7] มาใช้กับแผงรับความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยให้เกิดการเคลื่อนที่คล้อยตามแสงอาทิตย์โดยใช้กลไกในการขับเคลื่อนอย่างง่ายจะทำให้ได้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสามารถร่นระยะเวลาตากผลิตภัณฑ์แห้งได้รวดเร็วกว่าการตากอบแห้งโดยตู้อบแห้งที่มีการติดตั้งกับที่

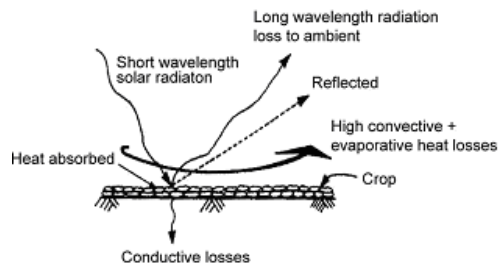
2. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [12]

ในปัจจุบันมีการแบ่งวิธีการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถได้ดังนี้

2.1 การตากแห้งโดยตรงโดยใช้แสงอาทิตย์

การตากแห้งโดยตรงโดยใช้แสงอาทิตย์ เป็นวิธีการถนอมอาหารขั้นพื้นฐานที่มีการใช้มานาน โดยการนำอาหารมาทำการตากแห้งโดยตรงซึ่งมีการสูญเสียผลผลิตเป็นอย่างมากเนื่องจากสาเหตุต่างๆเช่น หนู นก แมลง และจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากธรรมชาติที่

ผลผลิตไม่ได้คุณภาพ เช่น ฝ่นหรือพายุ การอบแห้งด้วยวิธีการนี้มีการปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม เช่น ฝ่นละออง สิ่งสกปรกแมลงและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นตัวแปรที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพสากลและไม่สามารถจำหน่ายได้ในตลาดต่างประเทศ



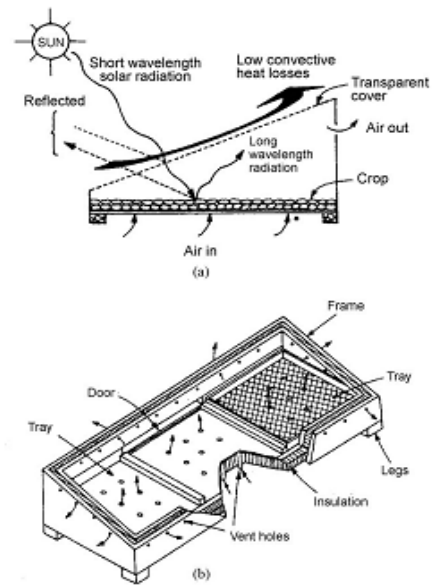
รูปที่ 1 การตากแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์เปิด [13]

2.2 การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรงและโดยอ้อม

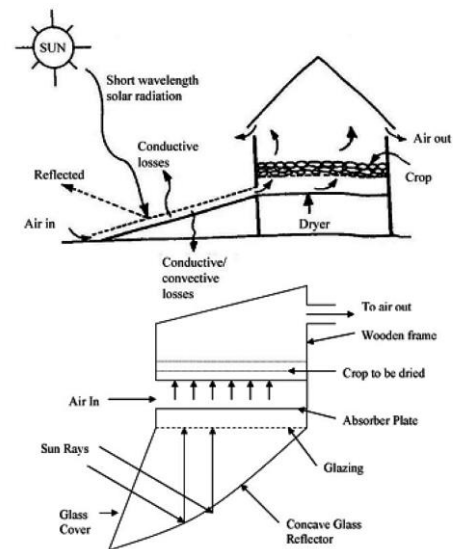
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความร้อนและคุณภาพของวัสดุอบแห้งให้แห้งเร็วขึ้นมีลักษณะปราศจากฝุ่นและแมลง ส่วนประกอบหลักที่สำคัญมี 2 ส่วน ได้แก่ ตัวตู้อบ และตัวรับรังสีอาทิตย์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ชนิดคือแบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรง และแบบรับรังสีโดยอ้อม

1.แบบรับรังสีโดยตรง รังสีอาทิตย์จะส่งผ่านวัสดุโปร่งแสงซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน อาจออกแบบโดยหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติหรือออกแบบโดยใช้การพาความร้อนแบบบังคับซึ่งติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยดูดอากาศร้อนให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์เพื่อให้แห้งเร็วขึ้น

2. เครื่องอบแห้งแบบรับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม ออกแบบให้มีแผงรับรังสีอาทิตย์เพื่อเพิ่มความเข้มรังสีอาทิตย์ ทำให้อากาศที่อยู่ระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวรับรังสีร้อนขึ้นจึงสามารถลดความชื้นออกได้เร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์จะไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง อาจออกแบบโดยหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติหรือออกแบบโดยใช้การพาความร้อนแบบบังคับซึ่งติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยดูดอากาศร้อนให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์เพื่อให้แห้งเร็วขึ้น



รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรง [13]



รูปที่ 3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีอาทิตย์อ้อม [14]

2.3 หลักการวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์

การวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์แสดงได้เป็น 2 รูปแบบคือ

1.ความชื้นมาตรฐานเปียก(Wet basis) คืออัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยมีสมการดังนี้

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

2.ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คืออัตราส่วน น้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้งโดยมีสามการดังนี้

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

โดยที่ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์

d คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง

โดยทั่วไปการอบแห้งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงอัตราการอบแห้ง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤตที่ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่จำนวนมาก เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุการถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุ ช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้งและอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤตเมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวจึงจะระเหยไปกับอากาศ

ดังนั้นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งจึงควรเพิ่มช่วงระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังมวลของวัสดุซึ่งจะทำให้สามารถเกิดการคายน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์ได้มากซึ่งในการตากแห้งโดยการรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงไม่สามารถรับพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีได้เต็มที่เนื่องจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ในแนววิถีโค้ง การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการตากแห้งได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในแนวทำมุมตั้งฉากตลอดเวลาจะสามารถทำให้อัตราการระเหยของน้ำได้มากขึ้น

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จากรูปที่ 4 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาสมรรถนะของตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนอันได้แก่ 1) ตู้อบแห้งคล้อย

ตามแสงอาทิตย์ 2) ชุดเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บผลการทดสอบ 3) ชุดแผงโซลาร์เซลล์



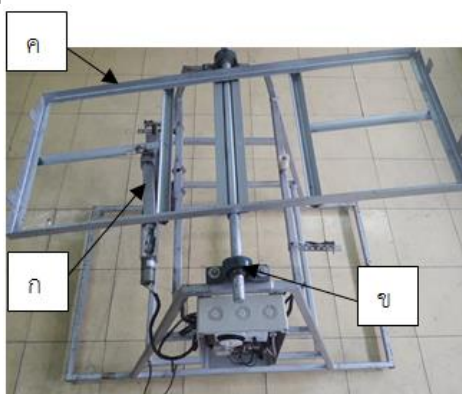
รูปที่ 4 การจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาสมรรถนะของตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์

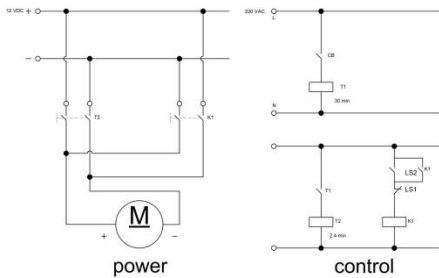
ตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์แบบ 1 แนวแกน ทำจากอะลูมิเนียมมีขนาด กว้าง 45 cm ความยาว 108 cm และ ความสูง 38.5cm และมีกระจกใสรับแสงอาทิตย์หนา 4 mm. เอียงทำมุม 45°

จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะอยู่ในช่วงระยะเวลา 9.00 – 17.00 น.จึงออกแบบให้ตู้อบแห้งเอียงทำมุมรับกับดวงอาทิตย์ครั้งละ 7.5° ต่อชั่วโมง โดยใช้เครื่องตั้งเวลาเป็นตัวกำหนดให้ทำงานทุกๆ 15 นาที เวลาเฉลี่ยเพื่อจ่ายไฟให้มอเตอร์ได้เท่ากับ 1.8 นาทีต่อครั้ง ทำการหมุนเฟืองสะพานเพื่อยกตู้ให้เคลื่อนที่ และเมื่อตู้อบเคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันจนครบตามที่ตั้งเวลาไว้จะกลับมายังจุดเริ่มต้น เพื่อรอรับแสงอาทิตย์ในวันถัดไป



รูปที่ 5 ชุดฐานวางและกลไกการยกตัวของชุดปรับมุมเอียง

จากรูปที่ 5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่ชุดฐานและกลไกการยกตัวของชุดปรับมุมเอียง ซึ่งประกอบไปด้วยชุดแม่แรงยกและสกรูหมุน (ก) แบร็กรองรับจุดหมุน (ข) และฐานวางตู้อบแห้ง (ค) ซึ่งทั้งหมดถูกควบคุมการทำงานด้วยวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบการหมุนที่ติดตั้งอยู่ในชุดตู้ควบคุมด้านใต้ฐานวางตู้อบแห้ง



รูปที่ 6 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบการหมุนของมอเตอร์ขับเคลื่อนปรับความเอียง

จากรูปที่ (6) แสดงวงจรที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสำหรับหมุนชุดกลไกสำหรับปรับมุมเอียง

2) ชุดเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บผลการทดลอง

ในการเก็บบันทึกผลการทดลองใช้เครื่องมือวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ตาชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Zepper รุ่น EPS – 302 ค่าความละเอียด 0.01 g ใช้ตาชั่งดิจิตอลในการเก็บผลค่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าก่อนและหลังจากการอบแห้ง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตาชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Zepper รุ่น EPS – 302

2. การวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์ใช้ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Fluke 325 ช่วงการวัด -10.0 °C to 400.0 °C ความละเอียด 0.1 °C ค่าความผิดพลาด 1 % ±8 digits ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ fluke 325

3. เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Lutron SPM1116 SD solar power meter วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ช่วงการวัด 0.0 ถึง 2000.0 W/m² ดังรูปที่ 7

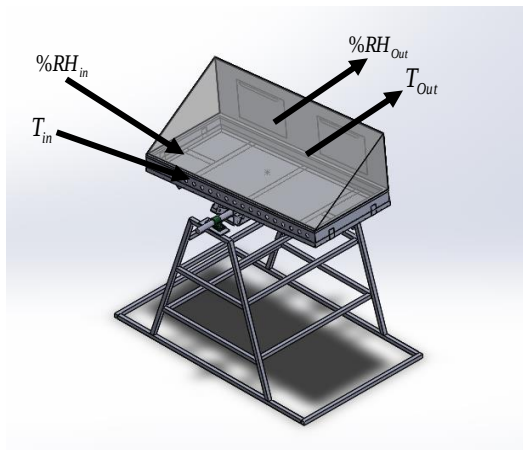


รูปที่ 9 เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Lutron SPM1116 SD solar power meter

4. เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้หลอดนำความร้อน Digicon DA 47 ย่านการวัดความเร็วลม 0.2 - 20.0 m/s และวัดอุณหภูมิ 0.0 - 50 °C ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้หลอดนำความร้อน Digicon DA 47



รูปที่ 11 บริเวณที่ทำการเก็บผลการทดลองตู้อบแห้ง
คล้อยตามแสงอาทิตย์

3) ชุดแผงโซลาร์เซลล์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด polycrystalline ขนาด 10 W จำนวน 4 แผง พร้อมชุดควบคุมการชาร์จและแบตเตอรี่

3.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษาและเก็บผลการทดลองได้แก่

ตัวแปรต้น ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้ ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ค่าน้ำหนักและความชื้นในผลิตภัณฑ์ก่อนอบแห้ง

ตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ ค่าน้ำหนักและความชื้นในผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ องศาการเอียงของตู้และตำแหน่งการวางตู้ ความเร็วลมระบายความร้อนออกของตู้อบแห้ง

3.3 วิธีการทำการทดลอง

ในการทำการทดลองได้ทำการทดลองโดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นผลิตภัณฑ์ทดสอบและทำการทดสอบใน 2 กรณี ได้แก่การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ และการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งแบบคล้อยตามแสงอาทิตย์โดยมีวิธีการทำการทดลอง ดังนี้

1. นำกล้วยที่เตรียมมาปอกเปลือก และชั่งน้ำหนักก่อนเข้าตู้อบแห้ง ซึ่งจะได้น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (W) เพื่อแทนค่าในสมการที่ 1 และ 2 ต่อไป

2. นำกล้วยเรียงใส่ตู้อบแห้ง โดยทำการบรรจุทั้งหมดจำนวน 144 ลูกต่อครั้ง

3. วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกตู้ในช่วงเวลาต่างๆ ตลอดทั้งวัน ตั้งแต่เวลา 9.00 - 17.00 น. บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุก 30 นาที

4. ทำการพลิกกลับกล้วยจำนวน 2 ครั้งต่อวันและชั่งน้ำหนักหลังทำการตากในแต่ละวัน

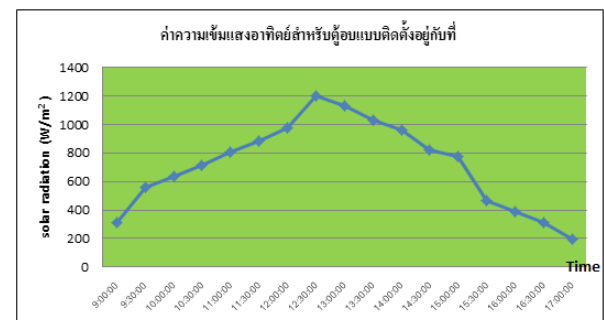
5. การหาค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้งเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์จะใช้เตาอบลมร้อน ดังรูปที่ 12 (Hot Air Oven) ที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ ในการทดสอบนี้ตั้งค่าอุณหภูมิของเตาอบลมร้อนไว้ที่ $103 \pm 5^\circ\text{C}$ ทำการอบแห้งเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นจะได้ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง (d) เพื่อแทนค่าในสมการที่ 1 และ 2 ต่อไป



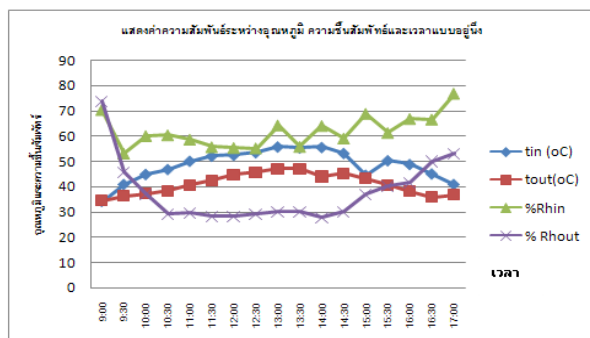
รูปที่ 12 เตาอบลมร้อน (Hot Air Oven)

4. ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 13 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับการทดลองตู้อบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่



รูปที่ 14 การทดลองตูอบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ช่วงเวลา 9.00 – 17.00 น.



รูปที่ 15 การทดลองตูอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่

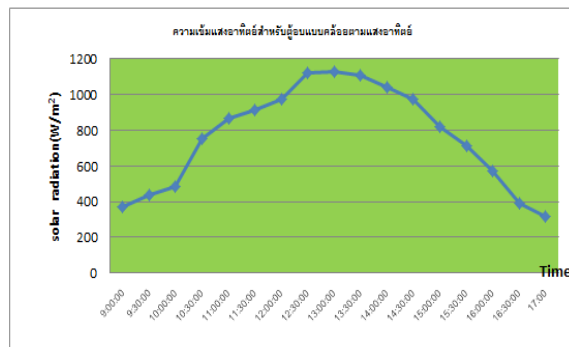
ช่วงเดือนที่ใช้ในการเก็บผลการทดลองเป็นช่วงเดือน ตุลาคม – กุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวระยะเวลาของแสงแดดตามธรรมชาติจะมีช่วงเวลาให้แสงแดดน้อยกว่าฤดูร้อน และในแต่ละวันการทดสอบจะใช้ผลการทดลองต่อรอบที่มีช่วงระยะเวลาที่ห้องฟ้าแจ่มใสนำมาเปรียบเทียบกับ

จากรูปที่ 14 แสดงผลการทดลองตูอบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ สภาพท้องฟ้าแจ่มใสในวันที่ทดสอบ ทดสอบ 8 ชั่วโมงต่อวัน ช่วงเวลาดังตั้งเวลา 09.00 - 17.00 น.

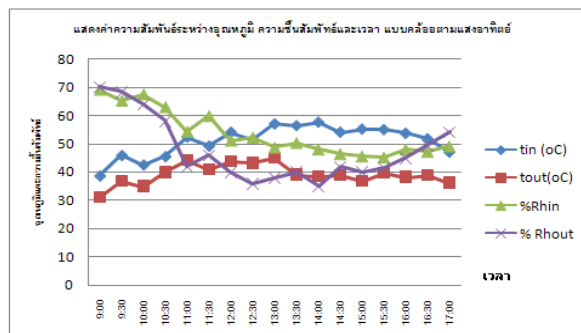
อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศภายนอกตูอบแห้งมีค่าเท่ากับ 34°C ค่าอุณหภูมิภายในตูอบแห้งมีค่าเริ่มต้นที่ 34.4°C เมื่อเวลาผ่านไปค่าอุณหภูมิภายนอกเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดที่ 42°C ที่เวลา 13.00 น. และอุณหภูมิภายในตูอบแห้งสูงสุดที่ 55.8°C อุณหภูมิภายนอกตูอบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.96°C อุณหภูมิภายในตูอบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 48.47°C และค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1200 W/m^2 และมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเฉลี่ย 715.17 W/m^2 รายละเอียดดังรูปที่ 10 สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตูอบแห้งมีค่าสูงสุดที่ 68.8% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.83% และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 37.56% โดยค่าอุณหภูมิภายในตู้มีปริมาณ

เพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของธีระศักดิ์ หุดากร [3] กล่าวคืออุณหภูมิของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าสูงสุดเนื่องจากความเข้มรังสีอาทิตย์ในช่วงที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดและเมื่อความเข้มของรังสีลดลงอุณหภูมิก็จะลดลงตาม

4.2 การผลิตถ่านในตูอบแบบเคลื่อนตามแสงอาทิตย์ ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 16 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับการทดลองตูอบแห้งแบบเคลื่อนตามแสงอาทิตย์



รูปที่ 17 ตัวอย่างการทดลองตูอบแห้งแบบเคลื่อนตามแสงอาทิตย์ ช่วงเวลา 9.00 – 17.00 น.



รูปที่ 18 ถ่านน้ำว่าที่ผ่านการอบแห้งด้วยตูอบแบบเคลื่อนตามแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 17 แสดงผลการทดลองดูอับแห้งแบบ คล้อยตามแสงอาทิตย์ สภาพท้องฟ้าแจ่มใสในวันที่ ทดสอบ ทดสอบ 8 ชั่วโมงต่อวัน ช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 09.00 - 17.00 น. อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศภายนอก ดูอับแห้งมีค่าเท่ากับ 31°C ค่าอุณหภูมิภายในดูอับแห้งมี ค่าเริ่มต้นที่ 38.7°C เมื่อเวลาผ่านไปค่าอุณหภูมิภายนอก เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดที่ 43.9°C ที่เวลา 13.00 น. และ อุณหภูมิภายในดูอับแห้งสูงสุดที่ 57°C อุณหภูมิภายนอก ดูอับแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.15°C อุณหภูมิภายในดูอับ แห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 52°C และค่าความเข้มของพลังงาน แสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1130 W/m^2 และมีค่าความ เข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเฉลี่ย 764.47 W/m^2 รายละเอียดดังรูปที่ 13 สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ ภายในดูอับแห้งมีค่าสูงสุดที่ 67.4% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.5% และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกดูอับแห้งมีค่าเท่ากับ 47.6% โดยค่าอุณหภูมิภายในดูอับแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า ความเข้มของแสงอาทิตย์ แต่สามารถรักษาอุณหภูมิ ภายในดูอับแห้งได้คงที่และสามารถสะสมความร้อนภายในได้ มากกว่าการตากแบบอยู่กลางแจ้งซึ่งแนวโน้มของผลการทดลอง เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์จะ สามารถรับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่าแบบมุมรับ แสงคงที่

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมรรถนะของดูอับแห้งแบบปรับมุม เียงคล้อยตามแสงอาทิตย์ โดยใช้กล้วยน้ำว่าในการ อบแห้งพบว่าในช่วงเวลาทำการทดลอง 9.00 – 17.00 น. ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ช่วงเดือนที่ทำการทดสอบ ตุลาคม – กุมภาพันธ์ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในดูอับมี อุณหภูมิค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52°C น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 43.15 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 21.2 g ความชื้นมาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือ 24.8% ในขณะที่ดูอับแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 48.47°C น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 46.93 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.41 g ความชื้น มาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 79.18% ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือ 29.3% และเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาในการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์พบว่าการใช้ดูอับแห้งแบบคล้อยตาม แสงอาทิตย์ใช้เวลารวมทั้งหมด 20.5 ชั่วโมงสามารถร่น ระยะเวลาในการผลิตได้ 3.5 ชั่วโมง ซึ่งการตากแห้งโดย ดูอับแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ใช้เวลา 24 ชั่วโมง

ดูอับแห้งแบบปรับมุมเียงคล้อยตามแสงอาทิตย์นี้ เป็นการนำดูอับแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวางอยู่กับ ที่มาทำการติดตั้งชุดปรับมุมเียงให้รับพลังงาน แสงอาทิตย์โดยกลไกการปรับมุมเียงแบบแกนเดียวและ ใช้วัสดุที่สามารถจัดหาได้ภายในประเทศที่มีราคา ค่าใช้จ่ายในการสร้างต่ำโดยมีราคาค่าวัสดุและอุปกรณ์ที่ ใช้ในการสร้างไม่เกิน 5,000 บาท ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการ แปรรูปผลผลิตทางการเกษตรในครัวเรือนหรือการ แปรรูปผลิตภัณฑ์สำหรับชุมชน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ อบแห้งด้วยดูอับแห้งแบบปรับมุมเียงคล้อยตาม แสงอาทิตย์นี้มีคุณภาพและความสะอาดถูกสุขลักษณะ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียที่ให้การ สนับสนุนงานวิจัยซึ่งทำให้นักวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณนายสุกกร ธัญจงรัสและนายสมชาย หากะวี ในการช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] เสริม จันทร์ฉาย และยุทธศักดิ์ บุญรอด, “การ พัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทย,” *การประชุมวิชาการเครือข่าย พลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1*, ชลบุรี, 11-18/05/2548, 2548, 147-150.
- [2] ประพันธ์พงษ์ สมศิลา และอำไพศักดิ์ ทีบุญมา. “อิทธิพลของอัตราส่วนสมดุลต่อประสิทธิภาพการ ไหลเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์”. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2*: 46 – 55, 2556.
- [3] อีระศักดิ์ หุตากร, “การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บ รังสีอาทิตย์แผ่นราบร่องรูปตัววีสำหรับเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์,” *การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23*, เชียงใหม่, 4-7/11/2552, 2552.
- [4] มณฑนา รังสิโยภาส และนันทิธินันท์ พงษ์พานิช, “การศึกษาการอบแห้งแบบผสมผสานพลังงาน แสงอาทิตย์แบบแอคทีฟสำหรับกล้วยสไลซ์,” *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทยครั้งที่ 27*, 16-18/10/2556, ชลบุรี, 2556.

- [5] สำรวย ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์. “การออกแบบแผงปลาหมึกกะต๋อยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม”. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1: 78 – 87.,2558.
- [6] จารุวัฒน์ เจริญจิต. “เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ และแนวทางพัฒนา”. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ปีที่ 10 ฉบับที่ 1: 110 – 124. 2555.
- [7] ศศิวิมล ทรงไตร และคณะ. “การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบติดตามดวงอาทิตย์และแบบมุมรับแสงคงที่ในประเทศไทย”. วิศวกรรมลาดกระบัง. ปีที่ 33 ฉบับที่ 1: 48 – 53. 2559.
- [8] สมภพ ผดุงพันธ์. “เครื่องขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ”. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 1: 81- 91. 2558.
- [9] ศุภชัย กวินวุฒิกุล. “การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์,” คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรบุรี. ปทุมธานี, รายงานโครงการวิจัย, 2551.
- [10] ทวีวัช วีระแก้ว, “การเปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่แบบ 2 แกนโดยใช้หลักการความโน้มถ่วงที่สุกกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่,”การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, เชียงใหม่, 4-7/11/2552, 2552.
- [11] กรธรรม สติรกุล และ อภิญา บุญประกอบ. “การพัฒนาระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ต้นทุนต่ำเพื่อการประยุกต์ใช้ในงานพลังงานทดแทน”. วารสารผลงานวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2: 90 – 99. 2556.
- [12] วรณัฐ แจ่มสว่าง. พลังงานหมุนเวียน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2553)
- [13] Sharma A, Vu Lan N. Solar energy drying systems: A Reviews Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009; 13: 1185 - 210.
- [14] Goyal RK, Tiwari GN. Parametric study of a reverse flat plate absorber cabinet dryer: a new concept. Solar Energy. 1997; 60: 41– 8.