

ชื่อเรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมทรงพาราโบลา

Title DEVELOPMENT OF A PARABOLIC SHAPE SOLAR TUNNEL DRYER

ผู้เขียน ณัฐพล ศรีสิทธิโชคกุล คณิต ทองพิสิฐสมบัติ

Authors Nattapon SRISITTIPOKAKUN, Kanit THONGPISISOMBAT

DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE, SIAM UNIVERSITY,
BANGKOK 10160, THAILAND, E-MAIL: Nattapon_g@hotmail.COM

บทคัดย่อ: ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมทรงพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสงเพื่อลดการสูญเสียความร้อนด้านบน เครื่องอบแห้งดังกล่าวประกอบด้วยส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยทั้งสองส่วนใช้โครงสร้างและวัสดุชนิดเดียวกัน สำหรับระบบระบายอากาศใช้พัดลมระบายอากาศซึ่งทำงานด้วยไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเป่าอากาศร้อนจากแผงรับรังสีไปยังส่วนอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนทั้งจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโดยตรงและจากแผงรับรังสีมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วขึ้น แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ดังกล่าวมีพื้นที่รับแสงรวม 108 ตารางเมตร จากนั้นได้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งโดยการใช้อบแห้งกล้วยน้ำว้าสุกจำนวน 2 ครั้ง ในช่วงเดือนเมษายน ปี 2009 โดยแต่ละครั้งใช้กล้วยน้ำว้าสุกประมาณ 100 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบแห้งกล้วยน้ำว้าสุกที่มีความชื้น 65 % (wb) จนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 16 % (wb) ภายใน 3-4 วัน ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติประมาณ 1-2 วัน ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้มีคุณภาพดี และไม่ได้รับความเสียหายจากการเปียกฝน หรือการรบกวนของสัตว์และแมลงต่างๆ และประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 % โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแปรค่าระหว่าง 30-70 องศาเซลเซียส ขึ้นกับสภาพอากาศ

Abstract: In this work, a parabolic-shaped solar tunnel dryer using polycarbonate plates as a transparent insulating material was designed and constructed. The dryer consisted of a flat-plate solar collector and a drying tunnel. The collector and the drying tunnel were covered with polycarbonate plates to reduce heat losses. They were placed in series in the same structure. A DC-fan driven by 15 W solar cell modules were installed at the inlet of the collector for blowing hot air from the collector to the tunnel dryer. The total area of the collector was 108 m². To investigate its performance, the dryer was used to dry 100 kg of bananas in April 2009 for two times. The dryer could be used for bananas of 65% (wb) heat, and they could be dried within 3-4 days, with 16% (wb) heat left. The products being dried in the dryer got the heat from both the sunlight and the collectors. They were completely protected from rain, animals, insects and the dried products are of high quality. The average thermal efficiency of the collector was 39 %. However, the temperature of the drying air is varied between 30-70°C, depends on the weather conditions.

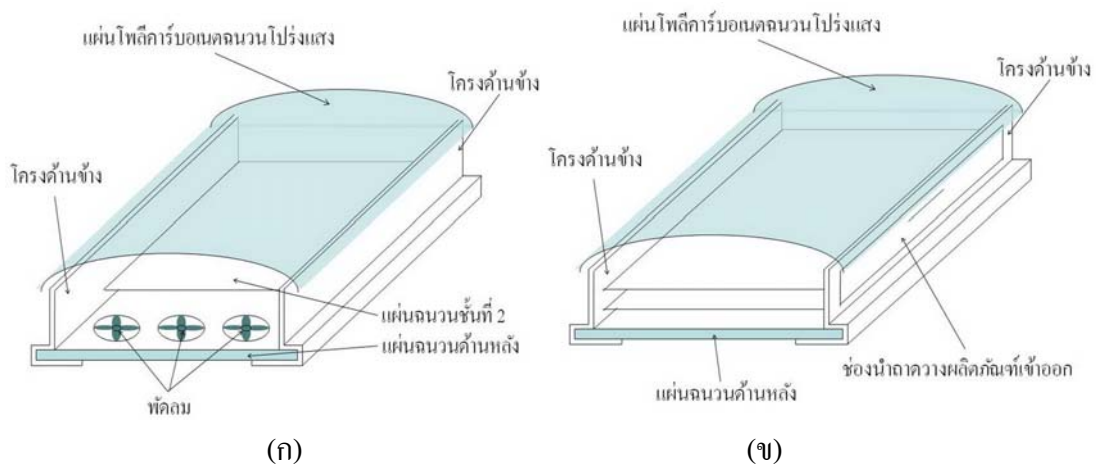
บทนำ: ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก โดยปัจจุบันเป็นประเทศที่ส่งข้าวออกเป็นอันดับ 2 ของโลก นอกจากนี้ยังมีการส่งออกเครื่องเทศ ผักและผลไม้ โดยทั่วไปผลิตผลการเกษตรส่วนใหญ่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยวก่อนนำออกจำหน่าย กระบวนการแปรรูปที่สำคัญคือการตากแห้งหรืออบแห้ง ทั้งนี้เพราะการอบแห้งจะช่วงลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งช่วยยับยั้งการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราและแบคทีเรีย โดยทั่วไปการอบแห้งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานสูง ทั้งนี้เพราะต้องใช้ความร้อน 3-6 MJ ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัมจากผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังต้องดำเนินการให้เสร็จสิ้นในระยะเวลาค่อนข้างสั้นเช่น 2-3 วัน วิธีการอบแห้งที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ การตากแดดตามธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะทำได้ง่ายและไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่ก็มักประสบปัญหาการเสียหายของผลิตภัณฑ์ระหว่างการตาก เช่น การถูกทำลายโดยสัตว์เลื้อย นก หนู และแมลง รวมถึงการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งนี้เพราะการตากแดดตามธรรมชาติจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งควบคุมไม่ได้ ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะลดลงได้ช้าถ้าเป็นช่วงที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก หรืออาจเสียหายจากเปียกฝน การอบแห้งที่ความชื้นลดลงช้าเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้เช่น การเกิดราขึ้นระหว่างการอบซึ่งทำให้เกิดสารอัลฟาทอกซิลในผลิตภัณฑ์ ในการแก้ปัญหาดังกล่าว เกษตรกรจำเป็นต้องอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตรด้วยเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งเชิงกล (mechanical dryer) เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว แต่เครื่องอบแห้งประเภทนี้มักมีราคาแพง เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถจัดหาได้ เฉพาะผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดใหญ่เท่านั้นที่สามารถจัดหาเครื่องอบแห้งประเภทนี้มาใช้ได้ นอกจากนี้เครื่องอบแห้งเชิงกลต้องใช้แหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งปัจจุบันมีราคาค่อนข้างสูง และการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอที่จะทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลิตผลการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระดับอุตสาหกรรมขนาดกลาง เพื่อเป็นแบบอย่างสำหรับขยายผลให้กว้างขวางทั่วประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย: เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย

การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านบน

ตัวเครื่องอบแห้งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างเหมือนกันและวางเรียงต่อกันโดยตรงโดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วน of ท่ออากาศ อีกทั้งยังลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (pressure drop) ในท่ออากาศ ฉนวนด้านหลังมีลักษณะเป็นแผ่นนำมาเชื่อมต่อกัน ในส่วนของโครงด้านข้างจะเป็นแผ่นโลหะดัดให้มีลักษณะเป็นรูปตัว S

เพื่อให้ส่วนล่างเป็นที่จับยึดของแผ่นฉนวนด้านล่าง ส่วนด้านบนจะเป็นที่รองรับวัสดุโปร่งใสที่จะนำมาคลุมด้านบน ลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง (ก) ส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และ (ข) ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์

เครื่องอบแห้งดังกล่าวนี้ยังใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนพัดลมดูดอากาศโดยติดตั้งไว้ที่ส่วนหัวของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับลักษณะของเครื่องอบแห้งที่ออกแบบขึ้นแสดงดังรูปที่ 2



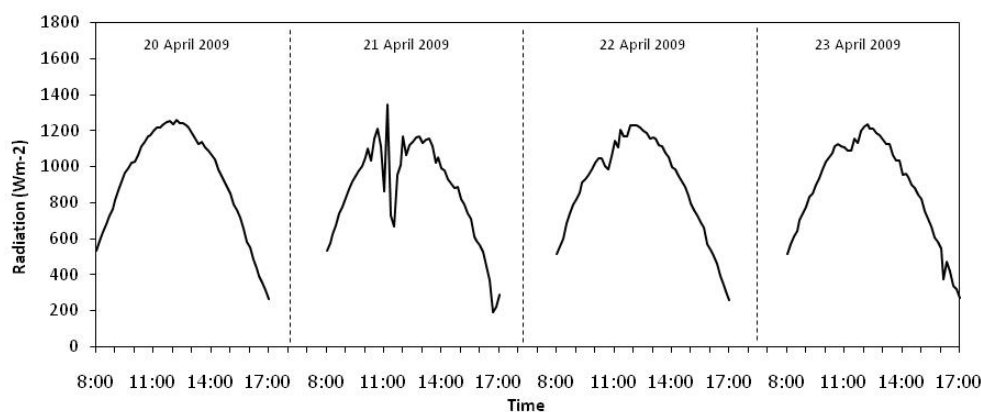
รูปที่ 2 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ออกแบบขึ้นใหม่ในงานวิจัยนี้

ผลการทดลอง: ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง จะทดสอบโดยการอบกล้วยน้ำว้าจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 100 กิโลกรัม ในช่วงระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552 และ ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552 โดยในการทดลองแต่ละครั้ง จะดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

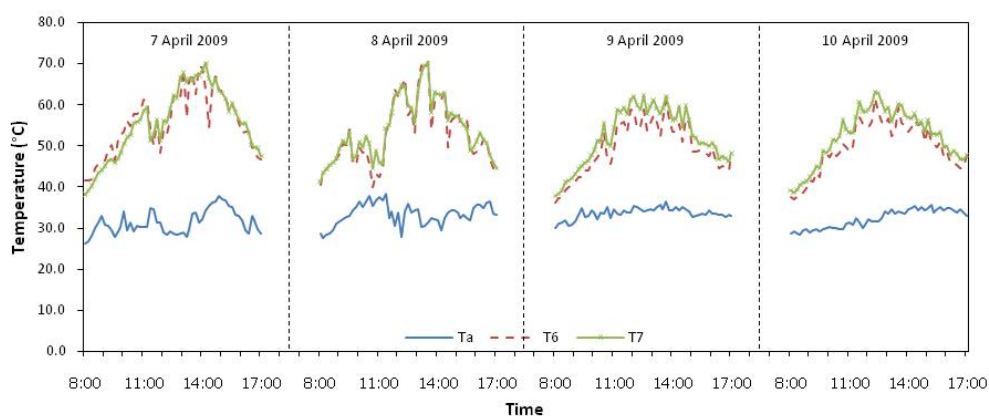
- 1) ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ที่จะอบ และตัวอย่างที่เตรียมไว้ทั้งในเครื่องอบและที่ตากแดดตามธรรมชาติ

- 2) นำผลิตภัณฑ์ที่จะอบและตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวางภายในตู้อบแห้งโดยให้ตัวอย่างวางปนอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบ พร้อมทั้งแบ่งผลิตภัณฑ์ อีกส่วนหนึ่งใส่ตะแกรงตากแดดด้านนอกสำหรับเปรียบเทียบผลการทดลอง
- 3) เปิดพัดลมให้ทำงานแล้วบันทึกข้อมูลโดยจะชั่งน้ำหนักของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ทุกๆ 2 ชั่วโมง โดยข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์
- 4) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 - 4 จนกว่าผลิตภัณฑ์จะแห้ง
- 5) นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง

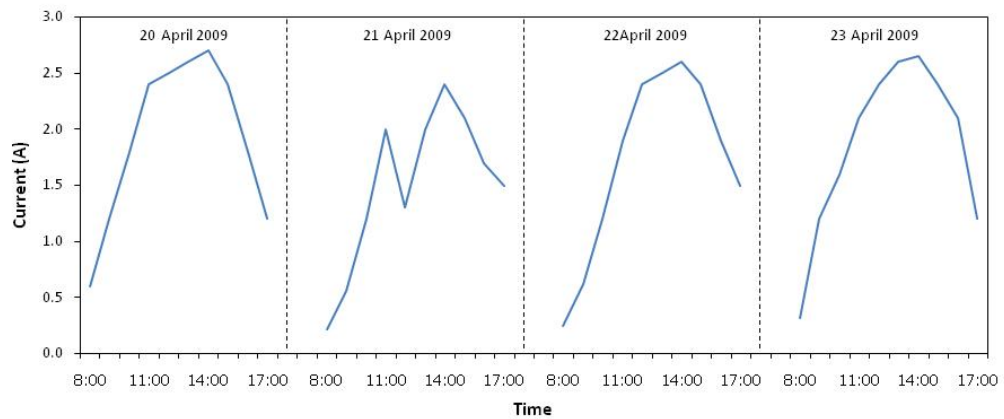
โดยผลการทดลองในช่วงระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 – 8



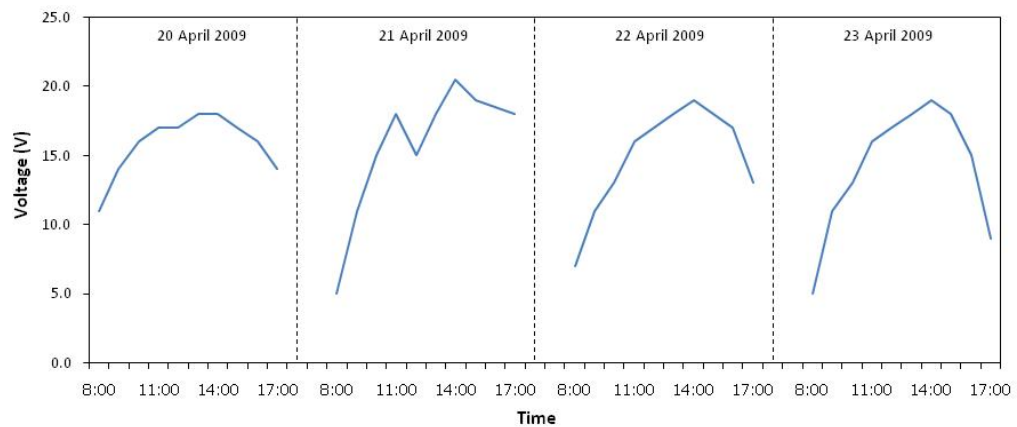
รูปที่ 3 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



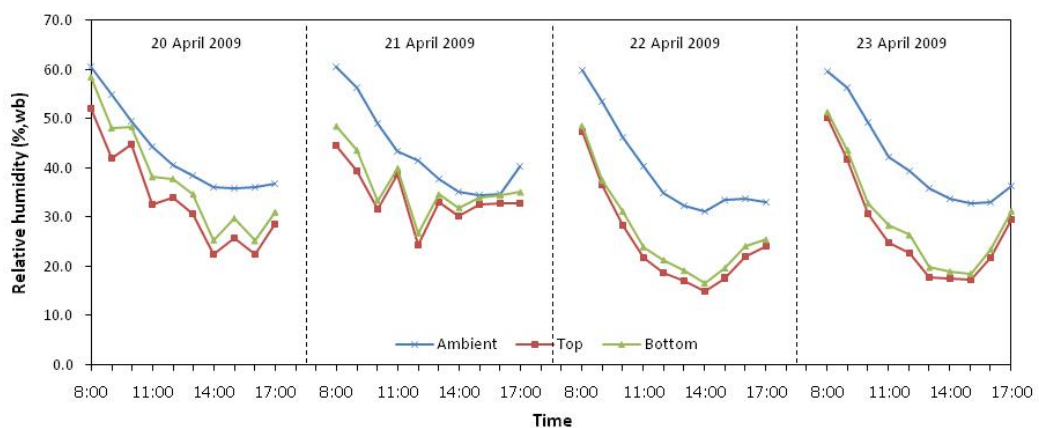
รูปที่ 4 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์



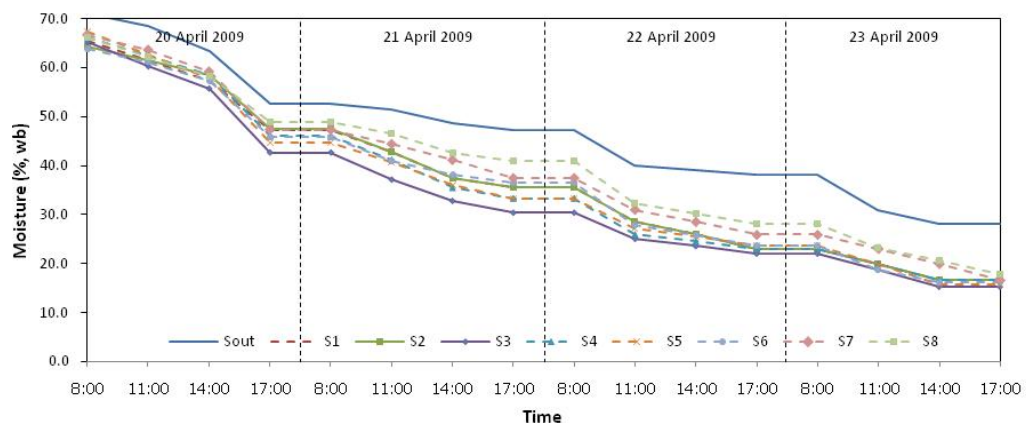
รูปที่ 5 แสดงการแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 6 แสดงการแปรค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 7 แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม อากาศที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นบน และอากาศที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นล่าง



รูปที่ 8 แสดงการแปรค่าความชื้นของกล้วยในเครื่องอบแห้ง ($S_1 - S_8$) และที่ตากแดดภายนอก (S_{out})

สรุปผลการวิจัย:ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลา ซึ่งเหมาะสมกับการใช้อบผลไม้ เครื่องเทศและสมุนไพร จากนั้นผู้ดำเนินโครงการได้ทำการใช้เครื่องอบแห้งดังกล่าวทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้าจำนวน 2 ครั้ง ในช่วงระหว่างวันที่ 7 – 10 เมษายน 2552 และ วันที่ 20 – 23 เมษายน 2552 ผลการทดลองพบว่า เครื่องอบแห้งทำงานได้ดี ถึงแม้ว่าในช่วงที่ท้องฟ้าจะมีเมฆมาก และลมแรงก็ตาม โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะแปรค่าในช่วง $40^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของการอบแห้ง ผลผลิตแห้งที่อบจะแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติและมีสีสดใสมากว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ จะพบว่า ค่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลา มีค่าเฉลี่ยประมาณ 35 %

เอกสารอ้างอิง:

1. Janjai, S. and Srisittipokakun, N. Experimental and modeling performances of a roof-integrated solar drying system for drying heabs and spices, *Energy* 33, pp. 91-103, 2008.
2. ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล, การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งเครื่องเทศและสมุนไพร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.
3. ธาดา แก้วประเสริฐ, การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546.
4. ยุทธศักดิ์ บุญรอด, การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้กระจกปิดด้านบน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549

Keywords: solar energy, solar dryer, collector