



การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นสำหรับอบแห้งขมิ้นชัน  
Experimental performance of a double collector solar tunnel dryer for drying *Curcuma longa* L.

ณัฐพล ศรีสิทธิโชคกุล<sup>1</sup>, กิรติ เกิดศิริ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>โปรแกรมวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000

โทร 034-261065 โทรสาร 034-261065 E-mail: nattapon2004@gmail.com

**บทคัดย่อ**

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันโดยใช้อากาศร้อนจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้น เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นถูกสร้างขึ้นและดำเนินการที่คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย โดยทำการอบขมิ้นชันสดที่หั่นเป็นแผ่นปริมาณ 100 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้น 82% จนเหลือน้ำหนัก 20 กิโลกรัม ที่ความชื้น 10% ภายในเวลา 1 วัน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับ รังสีสองชั้นจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบมีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 70 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ จากการคำนวณค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งขมิ้นชันของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 37.77%

**คำสำคัญ:** เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้น, การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวง อาทิตย์, ขมิ้นชัน

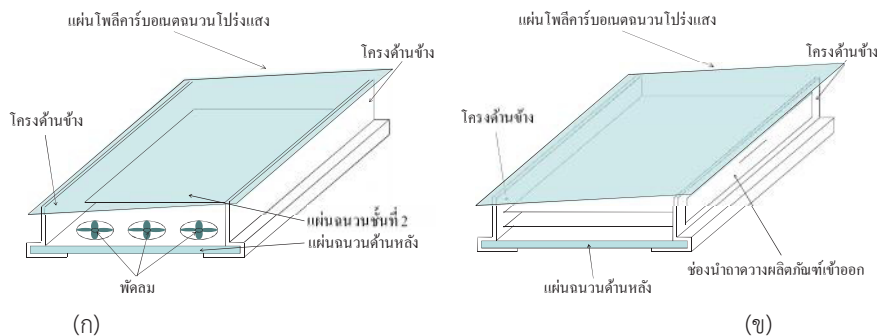
**1. บทนำ**

ขมิ้นชันเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อรา รวมถึงยังสามารถใช้ในการ รักษาอาการผื่นคันทางจิต รวมทั้งสภาวะซึมเศร้าได้อีกด้วย ทั้งนี้การใช้งานขมิ้นชันสามารถใช้ได้หลายรูปแบบทั้งการสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย ใช้รับประทาน ทั้งในรูปของยา หรือผสมลงไปในอาหารพื้นบ้านของไทย [1-3] เนื่องจากสามารถใช้ได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ทั้งนี้ขมิ้นชันแห้งยังเป็น สินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ [4] เพื่อให้คนไทยที่อยู่ต่างประเทศสามารถปรุงอาหารไทยได้ ในการทำขมิ้นชันแห้งมักนิยมใช้การตากแดดตาม ธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลา และอาจมีการรบกวนจากสัตว์หรือแมลงได้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ตลอดทั้งปี การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นทางเลือกของการแก้ปัญหาการอบแห้งที่มีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง จากการศึกษา ทบทวนรายงานการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ยังคงมีราคา ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบในแต่ละครั้ง ซึ่งหากเกษตรกรรายย่อยมีความต้องการที่จะอบแห้งผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากๆ อาจจะต้องลงทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรืออาจจะต้องสร้างจำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นด้วย [5-7] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมรรถนะของขมิ้นชันเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสีสองชั้นในการอบแห้งขมิ้นชัน เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ

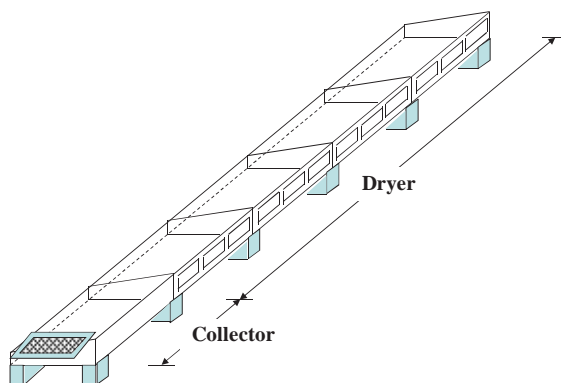
**2. วิธีการดำเนินการวิจัย**

**2.1. ลักษณะของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์**

ตัวเครื่องอบแห้งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างเหมือนกัน และวางเรียงต่อกันโดยตรง โดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนท่ออากาศ อีกทั้งยังลด การสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (Pressure drop) ในท่ออากาศ ฉนวนด้านหลังมีลักษณะเป็นแผ่นนำมาเชื่อมต่อกัน ส่วนด้านบนจะใช้ แผ่นโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) ปิดด้านบนทำมุมเอียงลาดลง 14 องศา เนื่องจากจังหวัดนครปฐม ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 45 ลิปดา 10 พิลิปดา การเอียงทำมุม 14 องศา จะทำให้รังสีดวงอาทิตย์สามารถตกกระทบตั้งฉากกับแผ่นปิดด้านบนได้พอดี เพื่อไม่ให้เกิดการขังของน้ำในวง ถาดฝน นอกจากนี้ยังได้ทำการเพิ่มพื้นที่ส่วนที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสองชั้น เพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่าง ลักษณะของ องค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1 เครื่องอบแห้งดังกล่าวนี้ยังใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนพัดลมดูด อากาศ สำหรับลักษณะของเครื่องอบแห้งที่ออกแบบขึ้นแสดงดังรูปที่ 2



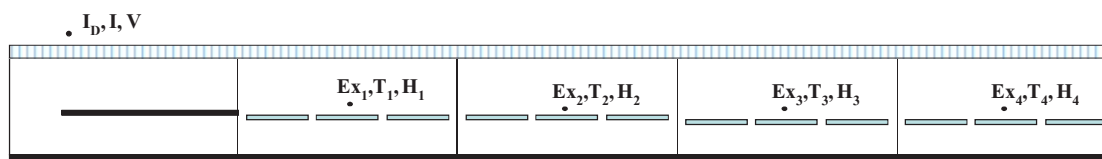
รูปที่ 1: แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง (ก) ส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และ (ข) ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2: แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

## 2.2. การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ยี่ห้อ TECPAL รุ่น DTM550 ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ใช้เครื่องไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CM 11 และการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ ดังแผนภูมิในรูปที่ 3 จากรูปเป็นมุมมองจากทางด้านข้างของเครื่องอบ (T<sub>1</sub>-T<sub>4</sub> เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ, T<sub>a</sub> เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และ I<sub>0</sub> เป็นจุดที่วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์, H<sub>1</sub> - H<sub>4</sub> เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ, H<sub>a</sub> เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม, Ex<sub>1</sub>-Ex<sub>4</sub> เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบ, Ex<sub>out</sub> เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายนอก, I และ V เป็นจุดที่วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ (ตามลำดับ)



Ex<sub>out</sub>, T<sub>a</sub>, H<sub>a</sub>

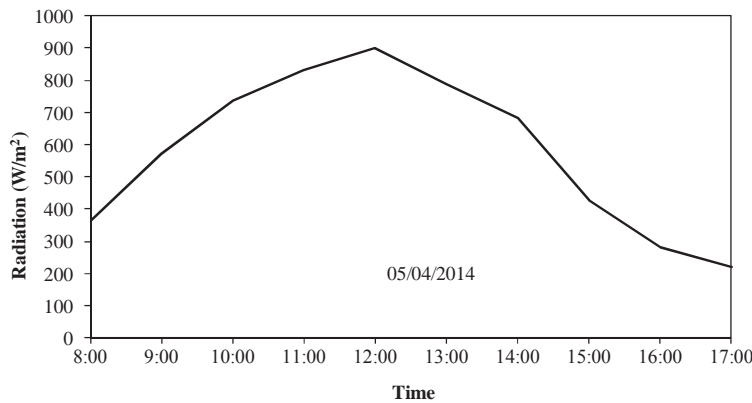
รูปที่ 3: แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำกรวัดข้อมูลในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

## 2.3. ขั้นตอนการทดลอง

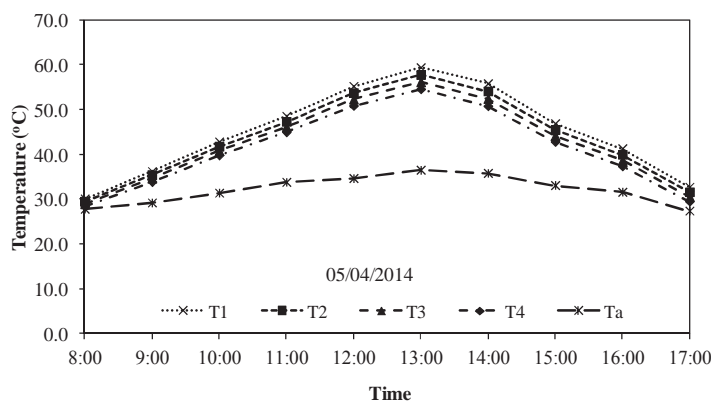
ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจะทดสอบโดยการอบแห้งขมิ้นชันสด 100 กิโลกรัม โดยจะเริ่มทำการทดลองเวลา 8:00 น. และหยุดทำการทดลองเมื่อตัวอย่างแห้ง โดยทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์ รวมถึงน้ำหนักของตัวอย่างทั้งภายในเครื่องและนอกเครื่องอบ ทุกๆ ชั่วโมง ส่วนค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์

### 3. ผลการทดลอง

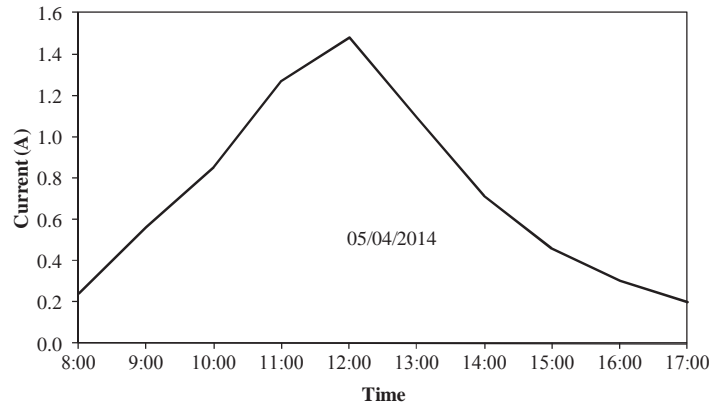
ในช่วงที่ทำการทดลองวันที่ 5 เมษายน 2557 สภาพอากาศมีลมแรง ท้องฟ้าแจ่มใส มีเมฆเล็กน้อย ซึ่งสังเกตได้จากกราฟความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ กราฟรูปที่ 4 อุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ประมาณ 30-40 °C โดยส่วนต้นของเครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าส่วนท้าย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5 โดยค่าอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องอบแห้งแปรผันค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากภายในตัวเครื่องมีพัดลมเป่าอากาศซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จึงแปรผันตามค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยควบคุมอุณหภูมิของอากาศในเครื่องอบแห้งโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มีความเข้มสูง พัดลมจะหมุนเร็วทำให้อากาศถูกดูดออกไปมากส่งผลให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งไม่สูงเกินไป ในทางกลับกันเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีค่าต่ำ พัดลมจะหมุนช้าลงทำให้อากาศถูกดูดออกไปน้อย อุณหภูมิของอากาศจึงไม่ลดลงมาก การแปรค่าของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 6 - 7 ส่วนข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแสดงดังรูปที่ 8 จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา จนกระทั่งเวลาประมาณ 13.00 น. ความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอากาศภายในเครื่องอบแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าอากาศแวดล้อมมาก เมื่ออากาศไหลผ่านผลิตภัณฑ์จะรับไอน้ำจากผลิตภัณฑ์มา ทำให้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็ว แต่การลดลงของความชื้นของขมิ้นชันจะไม่สม่ำเสมอ โดยขมิ้นชันที่ตากบริเวณทางออกของส่วนอบจะมีค่าความชื้นลดลงช้ากว่าส่วนต้น จึงทำให้ทราบว่านอกจากความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการแห้งของขมิ้นชันแล้ว อัตราการแห้งของขมิ้นชันยังขึ้นกับปริมาณและตำแหน่งของขมิ้นชันที่อยู่ในเครื่องอบแห้งด้วย โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 82% เหลือประมาณ 10% แสดงดังรูปที่ 9 เมื่ออบแห้งแล้วขมิ้นชันทั้งหมดจากน้ำหนักสด 100 กิโลกรัม ลดลงเหลือ 20 กิโลกรัม



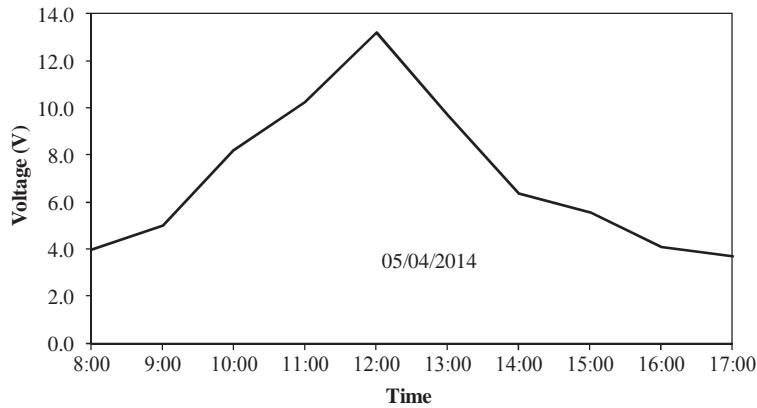
รูปที่ 4: แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



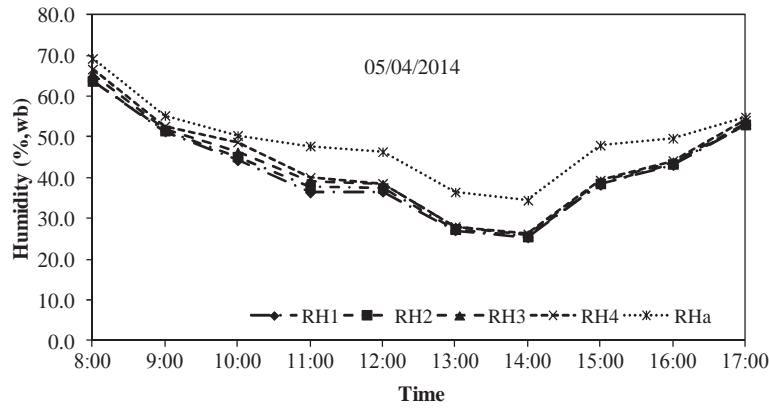
รูปที่ 5: แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T<sub>a</sub>) กับอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นวางผลิตภัณฑ์ (T<sub>1</sub>-T<sub>4</sub>)



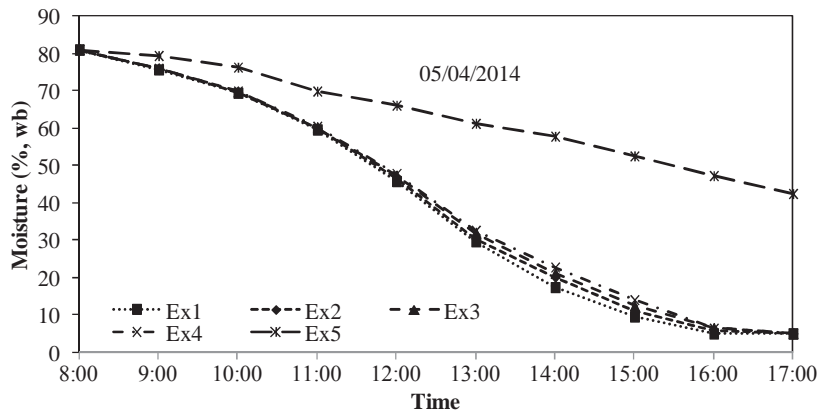
รูปที่ 6: การแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 7: การแปรค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 8: แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ( $H_a$ ) กับอากาศที่ไหลภายในเครื่องอบแห้ง



รูปที่ 9: แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของขี้มันชั้นในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก



#### 4. การคำนวณค่าประสิทธิภาพโรงอบแห้ง

##### 4.1. ค่าประสิทธิภาพในการอบของส่วนอบแห้ง

ค่าประสิทธิภาพในการอบของส่วนอบแห้งหาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{\text{Output Energy}}{\text{Input Energy}} \quad (1)$$

ซึ่ง Output Energy เป็นความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ

Input Energy เป็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงรับรังสี

$$\text{Output Energy} = m_w L_p \quad (2)$$

เมื่อ  $m_w$  คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย (kg)

$L_p$  คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำในผลิตภัณฑ์ (J/kg)

$$\text{Input Energy} = IA \quad (3)$$

เมื่อ  $I$  คือ ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับรังสี ( $W/m^2$ )

$A_n$  คือ ขนาดพื้นที่แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ( $m^2$ )

จากการคำนวณพบว่าค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งขมิ้นชันของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 37.77%

#### 5. การคำนวณค่าความคุ้มค่า

คำนวณค่าความคุ้มค่าในการสร้างเครื่องอบแห้งเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรม โดยกำหนดให้ค่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมทรงพาราโบลามีราคาโดยประมาณ 200,000 บาท และกำหนดให้ขมิ้นชันสดมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 13 บาท เครื่องอบแห้งสามารถอบขมิ้นชันได้ครั้งละ 100 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 1,300 บาท เมื่ออบเสร็จจะได้ขมิ้นชันแห้งเหลืออยู่ประมาณ 20 กิโลกรัม สามารถขายได้กิโลกรัมละ 140 บาท คิดเป็นเงิน 2,800 บาท ทุกครั้งที่อบจะคิดค่าเสื่อมสภาพของเครื่องอบแห้ง รวมถึงค่าจ้างในการเตรียมวัตถุดิบเป็นเงิน 500 บาท ต่อรอบการอบ ดังนั้นในการอบแต่ละครั้งจะได้กำไรประมาณ 1,000 บาท ฉะนั้นถ้าสามารถอบขมิ้นชันได้ประมาณ 200 รอบ หรือคิดเป็น 200 วัน (กรณีอบต่อเนื่องกัน) จะสามารถคืนต้นทุนการผลิตได้

#### 6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบแห้งทำงานได้ดีแม้ว่าในช่วงท้องฟ้าจะมีเมฆมากก็ตาม โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในช่วง 40 - 70 °C ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 82% จนเหลือประมาณ 10% โดยค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งขมิ้นชันของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 37.77% อีกทั้งยังสามารถคืนต้นทุนได้ในเวลา 1 ปี 5 เดือน (กรณีอบต่อเนื่องกัน)

#### บรรณานุกรม

[1] Lee, H.S., 2006, "Antiplatelet property of Curcuma longa L. rhizome-derived ar-turmerone", Bioresource Technology, Vol. 97, 1372-1376.

[2] Flavio Dias, Ferreira, Carlos, Kimmelmeier, Carla Cristina, Arrotia, Christiane, Luciana da Costa, Carlos, Augusto Mallmann, Vanderly, Janeiro, Francine Maery Dias Ferreira, Simone Aparecida Galerani Mossini, Expedito Leite Silva, Miguel Machinski Jr., 2013, "Inhibitory effect of the essential oil of Curcuma longa L. and curcumin on aflatoxin production by Aspergillus flavus Link", Food Chemistry, Vol. 136, 789-793.

[3] Xia, X., Cheng, G., Pana, Y., Xia, Z.H., Kong, L.D., 2007, "Behavioral, neurochemical and neuroendocrine effects of the ethanolic extract from Curcuma longa L. in the mouse forced swimming test", Journal of Ethnopharmacology, Vol. 110, 356-363.

[4] [http://www.agriman.doe.go.th/home/news/Year%202013/023\\_Tumeric.pdf](http://www.agriman.doe.go.th/home/news/Year%202013/023_Tumeric.pdf)



- [5] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K., Kaewkhao, J., 2012, "Solar drying of *Andrographis paniculata* using a parabolicshaped solar tunnel dryer", *Procedia Engineering*, Vol. 32, pp. 839-846.
- [6] Bala, B. K., 2009, "Solar drying of fruits, vegetables, spices, medicinal plants and fish: Developments and Potentials", paper presented in the International Solar Food Processing Conference.
- [7] Janjai, S., Srisittipokakun, N., Bala, B.K., 2008, "Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices", *Energy*, Vol.33, pp. 91-103.