

# การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสำหรับอบแห้งใบมะกรูด

## Experimental Performance of a Mix Mode Solar Dryer for Drying Citrus Hystrix Leaves

ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล<sup>1,2\*</sup> รุจจิเนตร รื่นกระมล<sup>1</sup> สุพจน์ อุ่นเจริญ<sup>1</sup> และ อภิชาติ ลำไยเสาวรส<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม  
<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม  
\*Nattapon2004@gmail.com

### บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมถูกสร้างขึ้นที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม เพื่อใช้สำหรับอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาและศึกษาการทำงานของเครื่องอบแห้งในการอบแห้งใบมะกรูด เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบแห้งใบมะกรูดจำนวน 50 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้น 84 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือใบมะกรูด 8 กิโลกรัม ที่ความชื้น 0 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์จะได้รับความร้อนทั้งจากดวงอาทิตย์โดยตรงและความร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพพบว่าการอบแห้งแบบดั้งเดิม คือ การอบแห้งในที่ร่มหรืออบแห้งแบบตากแดดตามธรรมชาติ ใบมะกรูดจะแห้งโดยใช้เวลา 2 วัน ในขณะที่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาเพียง 5 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในการอบแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 30 - 55 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ

**คำสำคัญ:** เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวงอาทิตย์, ใบมะกรูด

### Abstract

A mix mode solar dryer has been built in at Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, Thailand for drying agricultural product on large scale. In this paper attempt has been made to evaluate the performance of developed dryer to dry Citrus hystrix leaves. The solar dryer were used for drying 50 kg of Citrus hystrix leaves with the moisture content of 84.0% (wb). The Citrus hystrix leaves can be dried in 5 hours with the remaining moisture content is about 0% (wb). The products being dried in the dryer got the heat from both the sunlight and the collectors. The qualitative analysis showed that the traditional drying, i.e. shade drying or open sun drying, dried banana in 2 days, while the solar dryer took only 5 hours. However, the temperature of the drying air was varied between 30 - 55 °C, depends on the weather conditions.

**Keywords:** mix mode solar dryer, solar dryer, solar collectors, solar radiation, Citrus hystrix leaves

### 1. บทนำ

ใบมะกรูดมีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น ขับลม ทำให้เลือดลมไหลเวียนดี ช่วยบำรุงหัวใจ ระบบการไหลเวียนของโลหิต โดยส่วนมากนิยมนำมาใช้ในการปรุงอาหารพื้นบ้านของไทยเนื่องจากสามารถใช้ได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ทั้งนี้ใบมะกรูดแห้ง

ยังเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ เพื่อให้คนไทยที่อยู่ต่างประเทศสามารถปรุงอาหารไทยได้ (Rammanee K., 2011: 4), (Laohavechvanich P., 2010: 36), (Chueahongthong F., 2011: 5) ในการทำโม่กะอู๊ดแห้งมักนิยมใช้การตากแดดตามธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลาและอาจมีการรบกวนจากสัตว์หรือแมลงได้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นทางเลือกของการแก้ปัญหาการอบแห้งที่มีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง จากการศึกษาทบทวนรายงานการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ยังคงมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบในแต่ละครั้ง ซึ่งหากเกษตรกรรายย่อยมีความต้องการที่จะอบแห้งผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากๆ อาจจะต้องลงทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรืออาจจะต้องสร้างจำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงมากขึ้นด้วย (Bala, B. K., 2009) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมในการอบแห้งโม่กะอู๊ดเปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ

## 2. วิธีการทดลอง

เริ่มจากการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องการจากปริมาณน้ำที่จะต้องระเหย โดยเริ่มต้นจากการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยจากผลิตภัณฑ์โดยอาศัยสมการ (Srisittipokakun, N., 2012 : 32)

$$m_w = (M_i - M_f)/(100 - M_f) \times m_i \quad (1)$$

เมื่อ  $m_w$  คือมวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg),  $m_i$  คือ มวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบ (kg),  $M_i$  คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ (% , wb) และ  $M_f$  คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (% , wb) จากนั้นจะคำนวณปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้จากสมการ (Srisittipokakun, N., 2012 : 32)

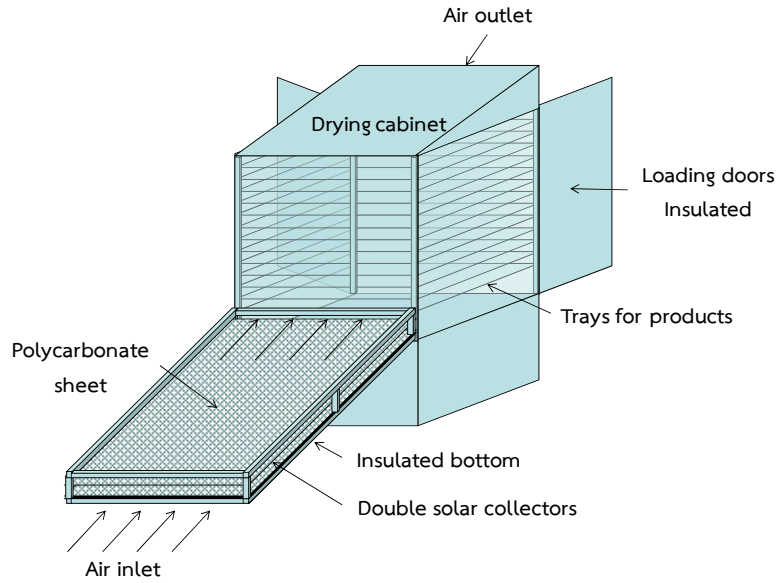
$$Q_{\text{drying}} = m_w L \quad (2)$$

เมื่อ  $Q_{\text{drying}}$  คือ ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ MJ,  $m_w$  คือ มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg),  $L$  คือ ความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม (MJ/kg) ในขั้นตอนสุดท้ายจะคำนวณพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง ในที่นี้จะรวมหมายถึงพื้นที่ของส่วนที่ตากผลิตภัณฑ์และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบผสมรับรังสีดวงอาทิตย์ทั้งสองส่วน โดยในการคำนวณจะอาศัยสมการ (Srisittipokakun, N., 2012 : 32)

$$A = Q_{\text{drying}} / (\eta \times H_T \times N_D) \quad (3)$$

เมื่อ  $A_{\text{total}}$  คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ ( $m^2$ ),  $H_T$  คือ ความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนพื้นราบ ( $MJ/m^2$ -day),  $N_D$  คือ จำนวนวันที่ต้องการใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง (day) และ  $\eta$  คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในฐานะที่เป็นแผงรับรังสี (Srisittipokakun, N., 2012 : 32)

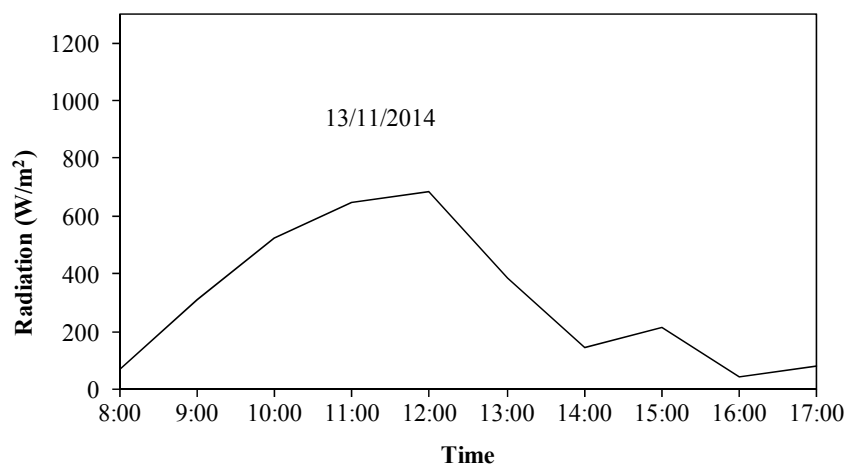
จากนั้นทำการสร้างเครื่องอบแห้งซึ่งประกอบด้วย ส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ ในส่วนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะมีสองชั้น เพื่อลดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของเครื่องอบแห้ง ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นแนวตั้ง เพื่อลดการใช้พื้นที่ทางแนวนอน โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างวางเรียงต่อกันโดยตรงโดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการท่ออากาศ อีกทั้งยังลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (Pressure drop) ในท่ออากาศ ลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปภาพที่ 1



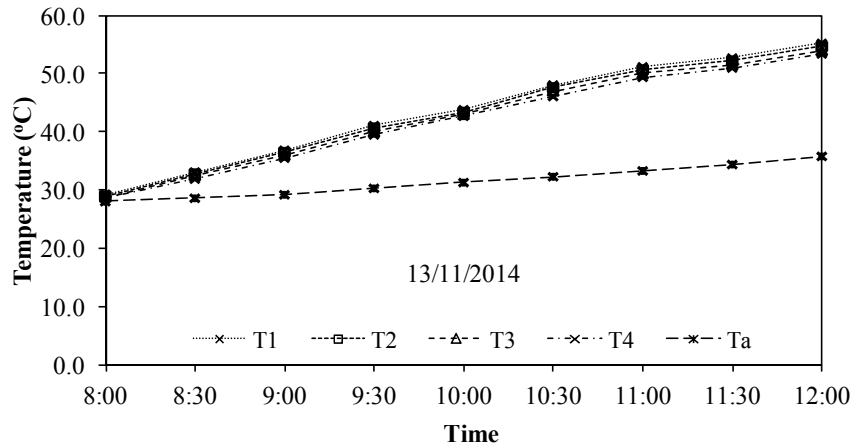
รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง

### 3. ผลการวิจัย

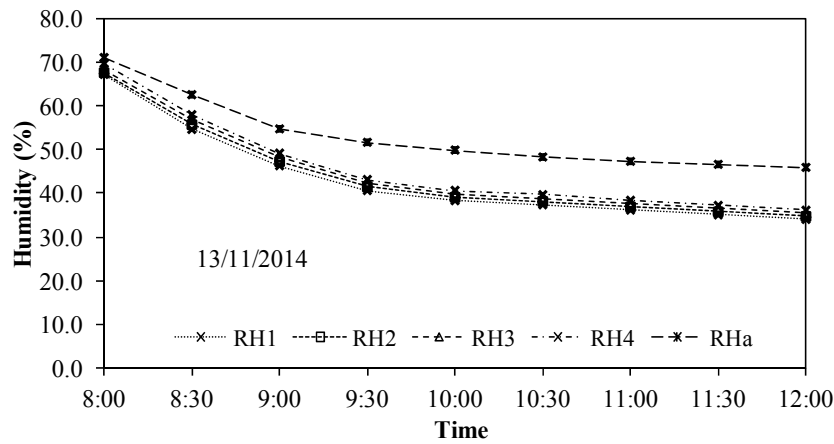
ในช่วงที่ทำการทดลอง คือ วันที่ 13 พฤศจิกายน 2557 สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ตลอดทั้งวัน ซึ่งสังเกตได้จากกราฟ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (รูปภาพที่ 2) จากรูปพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 10 - 20 °C ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 3 โดยจะแปรค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ด้านความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงแรกของการอบ และจะเริ่มคงที่ในช่วงท้าย โดยการลดลงของความชื้นผลิตภัณฑ์ในเครื่องอบจะลดลงเร็วกว่าความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 84% จนเหลือประมาณ 0% แสดงดังรูปภาพที่ 5 เมื่ออบแห้งแล้วใบมะกรูดทั้งหมดจากน้ำหนักสด 50 กิโลกรัม ลดลงเหลือประมาณ 8 กิโลกรัม



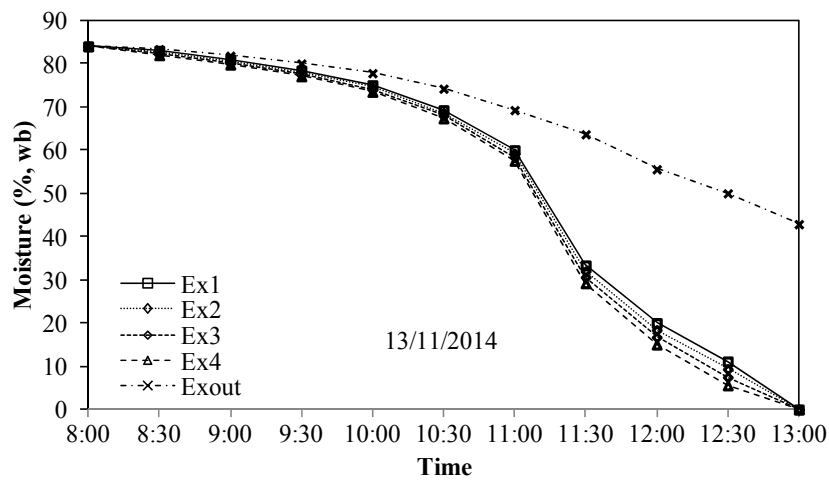
รูปภาพที่ 2 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



รูปภาพที่ 3 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ( $T_a$ ) กับอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นวางผลิตภัณฑ์ ( $T_1$ - $T_4$ )



รูปภาพที่ 4 แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ( $RH_a$ ) กับอากาศที่ไหลภายในเครื่องอบแห้งแต่ละชั้น ( $RH_1$ - $RH_4$ )



รูปภาพที่ 5 แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของซิงภายในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก

#### 4. สรุปผลการวิจัย

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในช่วง 30 - 55 °C ตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ และความชื้นของตัวอย่างที่อบในเครื่องอบแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 84% จนเหลือประมาณ 0%

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทร์ฉาย ในการเอื้อเฟื้อข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- Rammanee K. and Hongpattarakere T. (2011). Effects of Tropical Citrus Essential Oils on Growth, Aflatoxin Production, and Ultrastructure Alterations of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*, **Food Bioprocess Technol**, Vol. 4, pp. 1050-1059.
- Laohavechvanich P., Muangnoi C., Butryee C. and Kriengsinyos W. (2010). Protective effect of makrut lime leaf (*Citrus hystrix*) in HepG2 cells: Implications for oxidative stress, **Science Asia**, Vol. 36, pp. 112-117.
- Chueahongthong F., Ampasavate C., Okonogi S., Tima S. and Anuchapreeda S. (2011). Cytotoxic effects of crude kaffir lime (*Citrus hystrix*, DC.) leaf fractional extracts on leukemic cell lines, **Journal of Medicinal Plants Research**, Vol. 5(14), pp. 3097-3105.
- 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*.
- Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K. and Kaewkhao, J. (2012). Solar drying of *Andrographis paniculata* using a parabolicshaped solar tunnel dryer, **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 839-846.