

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสำหรับอบแห้งใบสะเดา Performance of a Mix Mode Solar Dryer for Drying Azadirachta Indica Leaves

ณัฐพล ศรีสิทธิโกศล^{1,2*} ขวัญธีรา แซ่อึ้ง¹ นิตยา มั่นคง¹ และ พรรณณิภา คล้ำสุข¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*Nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการอบแห้งใบสะเดาโดยใช้อากาศร้อนจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เปรียบเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยทำการอบใบสะเดาสดปริมาณ 10 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้น 80% จนความชื้นเหลือ 0% ภายในเวลา 2 ชั่วโมง โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบมีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ เมื่อเปรียบเทียบสีและรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจะมีคุณภาพสูงกว่าตามท้องตลาด อีกทั้งยังสามารถป้องกันการรบกวนจากฝน สัตว์ และแมลงได้อีกด้วย

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวงอาทิตย์, ใบสะเดา

Abstract

An experimental study was performed to determine the drying characteristics of Azadirachta indica leaves using mix mode solar dryer and compared with sun drying process. The capacity of dryer was found to be 10 kg for fresh Azadirachta indica leaves. The initial moisture content of Azadirachta indica leaves was 80% (wb) and the moisture content was left 0% (wb) within 2 hours drying period. The dryer reduces drying losses as compared to sun drying. However, the temperature of the drying air was varied between 30 - 50 °C, depends on the weather conditions. The color and the flavor of the dried product with this dryer was comparable to that of a high quality dried in markets, was completely protected from rain, animals, insects.

Keywords: mix mode solar dryer, solar dryer, solar collectors, solar radiation, Azadirachta indica leaves

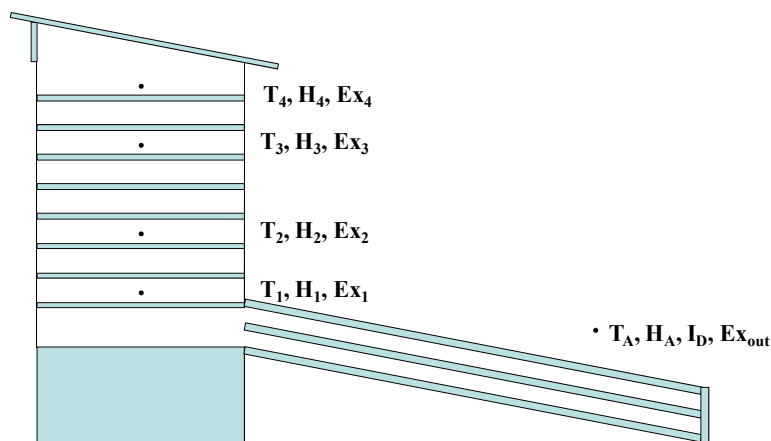
1. บทนำ

ใบสะเดา มีความสำคัญต่อเกษตรกรเพราะเอ็งจะนำมาประกอบอาหารแล้วก็ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกหลากหลาย เช่น นำมาใช้เป็นชาสมุนไพร และใช้เป็นยารักษาโรค เป็นต้น กระบวนการแปรรูปที่สำคัญคือการตากแห้งหรืออบแห้งนี้เพราะการอบแห้งจะช่วยลดความชื้นของผลิตผลซึ่งช่วยยับยั้งการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราและแบคทีเรียและป้องกันอันตรายจากสิ่งสกปรกและแมลงด้วย วิธีการอบแห้งที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ การตากแดดตามธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะทำได้ง่าย และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่ก็มักประสบปัญหาการเสียหายของผลิตผลระหว่างการตากเช่นการรบกวนจากแมลง นก สุนัขรวมถึงการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆและการตากแดดธรรมชาติจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งควบคุมไม่ได้เพราะเราไม่สามารถที่จะคาดเดาหรือควบคุมได้ ความชื้นของผลิตผลจะลดลงได้ช้าถ้าเป็นช่วงที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก หรืออาจ

เสียหายจากการเปียกฝน การอบแห้งที่ความชื้นลดลงช้าเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้ การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ที่สำคัญคือการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ใช้เวลาในการทำให้แห้งน้อยกว่า และไม่ต้องคอยกังวลเวลาฝนตก ว่าผลิตภัณฑ์จะเปียกฝนหรือไม่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมในการอบใบสะเดา (Abdel-Shafy, S., 2002: 106), (Koustav, S., 2007: 7), (Janjai, S., 2008: 33), (Bala, B. K., 2009)

2. วิธีการทดลอง

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ยี่ห้อ TECPAL รุ่น DTM550 สำหรับข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ใช้เครื่องไพราโนมิเตอร์ (pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CM 11 และการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ ดังแผนภูมิในรูปภาพที่ 1 จากรูปภาพที่ 1 เป็นมุมมองจากทางด้านข้างของเครื่องอบ (T_1 - T_4 เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ, T_A เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และ I_D เป็นจุดที่วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์, H_1 - H_4 เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ, H_A เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม, Ex_1 - Ex_4 เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบ, Ex_{out} เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายนอก



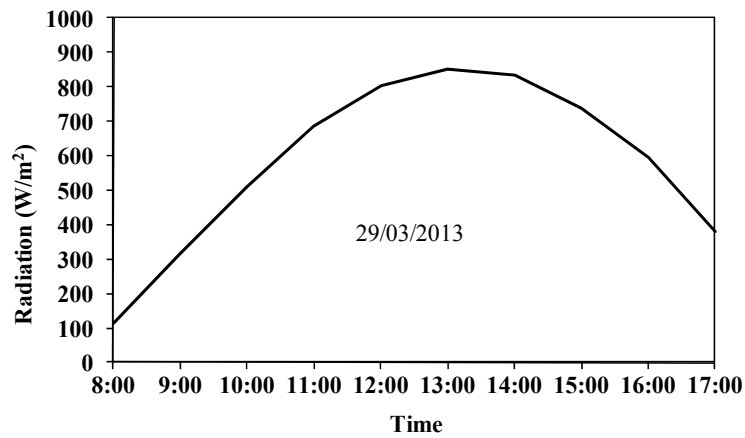
รูปภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดข้อมูลภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง จะทดสอบโดยการอบใบสะเดา 10 กิโลกรัม โดยจะเริ่มทำการทดลองเวลา 10:00 น. และหยุดทำการทดลองเมื่อตัวอย่างแห้ง โดยทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รวมถึงน้ำหนักของตัวอย่างทั้งภายในเครื่องและนอกเครื่องอบทุก 15 นาที ส่วนค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์

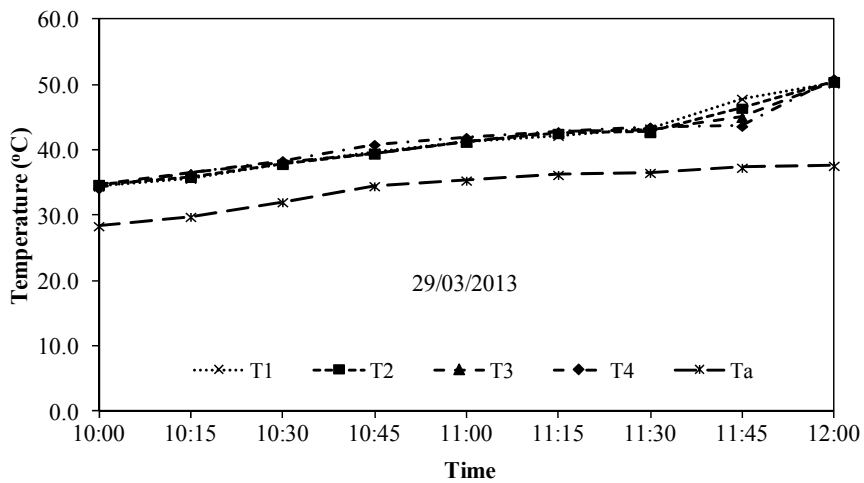
3. ผลการวิจัย

ในช่วงที่ทำการทดลอง คือ วันที่ 29 มีนาคม 2556 สภาพท้องฟ้าปลอดโปร่ง ซึ่งสังเกตได้จากกราฟความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (รูปภาพที่ 2) จากรูปพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 10 - 20 °C ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 3 โดยจะแปรค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ด้านความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงแรกของการอบ และจะเริ่มคงที่ในช่วงท้าย โดยการลดลงของความชื้นผลิตภัณฑ์ในเครื่องอบจะลดลงเร็วกว่า

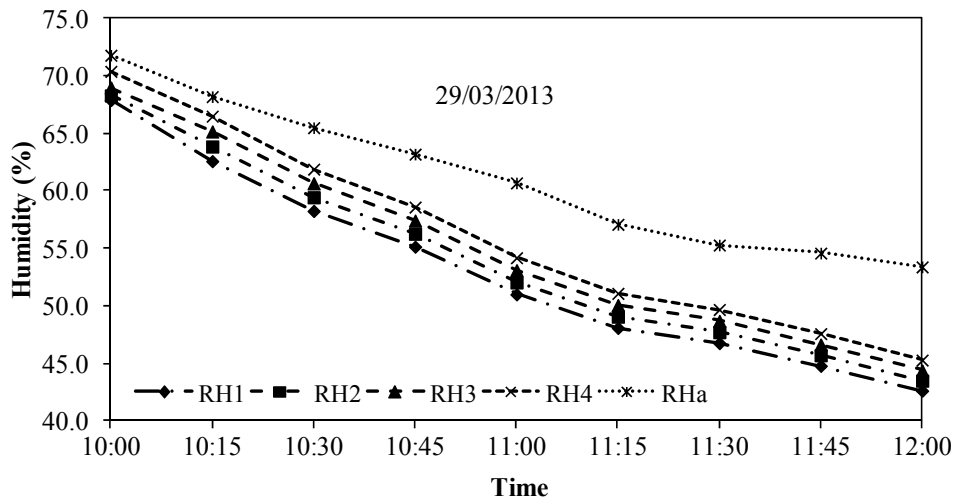
ความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 80% จนเหลือประมาณ 0% แสดงดังรูปภาพที่ 5 เมื่ออบแห้งแล้วใบเสเดาทั้งหมดจากน้ำหนักสด 10 กิโลกรัม ลดลงเหลือประมาณ 0.5 กิโลกรัม



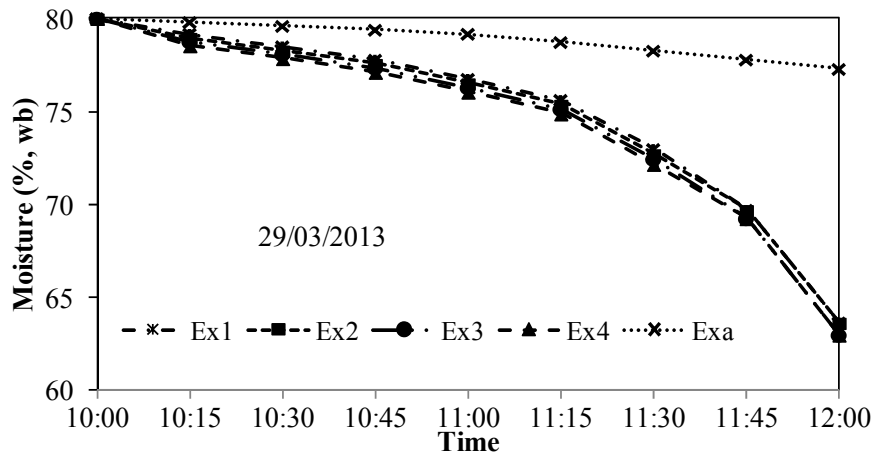
รูปภาพที่ 2 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



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



รูปภาพที่ 4 แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (RH_a) กับอากาศที่ไหลภายในเครื่องอบแห้งแต่ละชั้น (RH₁-RH₄)



รูปภาพที่ 5 แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของซิงภายในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก

4. สรุปผลการวิจัย

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในช่วง 30 - 50 °C ตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ และความชื้นของตัวอย่างที่อบในเครื่องอบแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 80% จนเหลือประมาณ 0%

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทร์ฉาย ในการเอื้อเฟื้อข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

6. เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Shafy, S., Zayed, A.A. (2002). In vitro acaricidal effect of plant extract of neemseed oil (*Azadirachtaindica*) on egg, immature, and adult stages of *Hyalommaanatolicum excavatum* (Ixodoidea: Ixodidae), **Veterinary Parasitology**, Vol. 106, pp. 89–96.
- Koustav, S., Anamika, B., Subrata, L., Soumitra, C.i, Subhabrata, D., Purnendu, R., Rathindranath, B. (2007). Antibody response against neem leaf preparation recognizes carcinoembryonic antigen, **International Immunopharmacology**, Vol. 7, pp. 306–312.
- Janjai, S., Srisittipokakun, N. and Bala, B.K. (2008). Experimental and modeling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, **Energy**, Vol.33, pp. 91–103.
- 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.

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสำหรับอบแห้งใบมะกรูด

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

ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล^{1,2*} รุจจิเนตร รื่นกระมล¹ สุพจน์ อุ้นเจริญ¹ และ อภิชาติ ลำไยเสาวรส¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*Nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมถูกสร้างขึ้นที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม เพื่อใช้สำหรับอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก 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) ในการทำโม่มะกรูดแห้งมักนิยมใช้การตากแดดตามธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลาและอาจมีการรบกวนจากสัตว์หรือแมลงได้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นทางเลือกของการแก้ปัญหาการอบแห้งที่มีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูง จากการศึกษาทบทวนรายงานการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ยังคงมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบในแต่ละครั้ง ซึ่งหากเกษตรกรรายย่อยมีความต้องการที่จะอบแห้งผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากๆ อาจจะต้องลงทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรืออาจจะต้องสร้างจำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงมากขึ้นด้วย (Bala, B. K., 2009) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมในการอบแห้งโม่มะกรูดเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดธรรมชาติ

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)

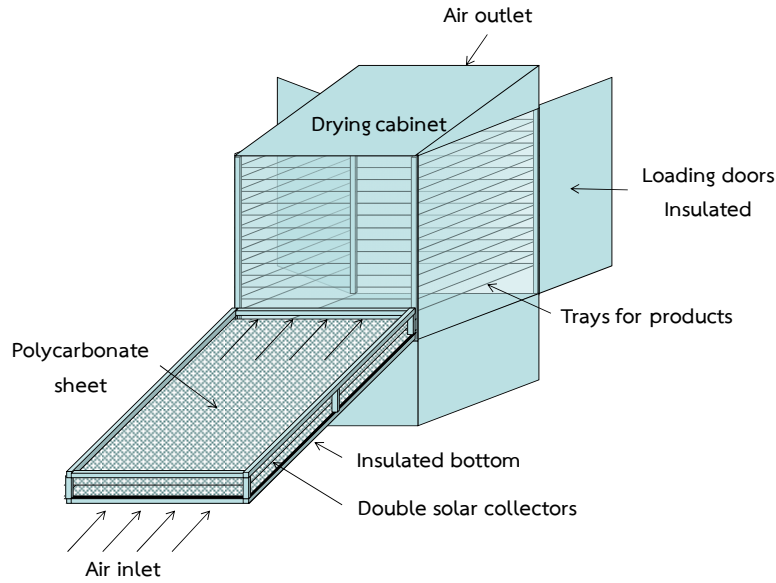
$$Q_{\text{drying}} = m_w L \quad (2)$$

เมื่อ Q_{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_{total} คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2), H_T คือ ความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนพื้นราบ (MJ/m^2 -day), N_D คือ จำนวนวันที่ต้องการใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง (day) และ η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในฐานะที่เป็นแผงรับรังสี (Srisittipokakun, N., 2012 : 32)

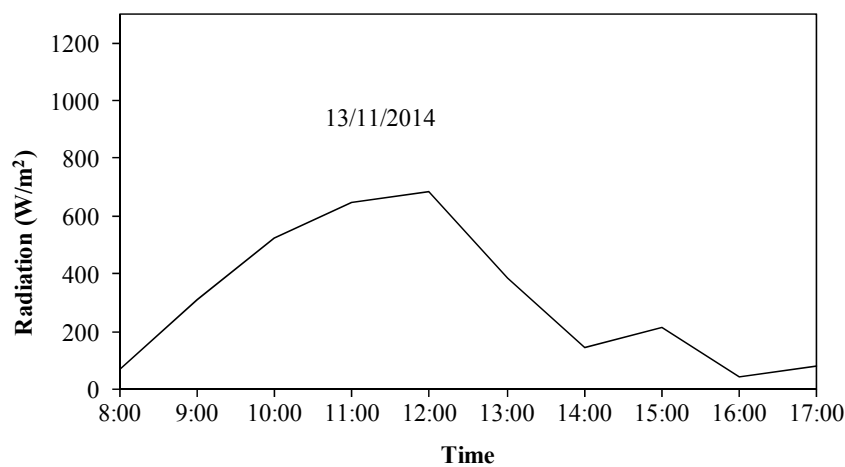
จากนั้นทำการสร้างเครื่องอบแห้งซึ่งประกอบด้วย ส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ ในส่วนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะมีสองชั้น เพื่อลดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของเครื่องอบแห้ง ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นแนวตั้ง เพื่อลดการใช้พื้นที่ทางแนวนอน โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างวางเรียงต่อกันโดยตรงโดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม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



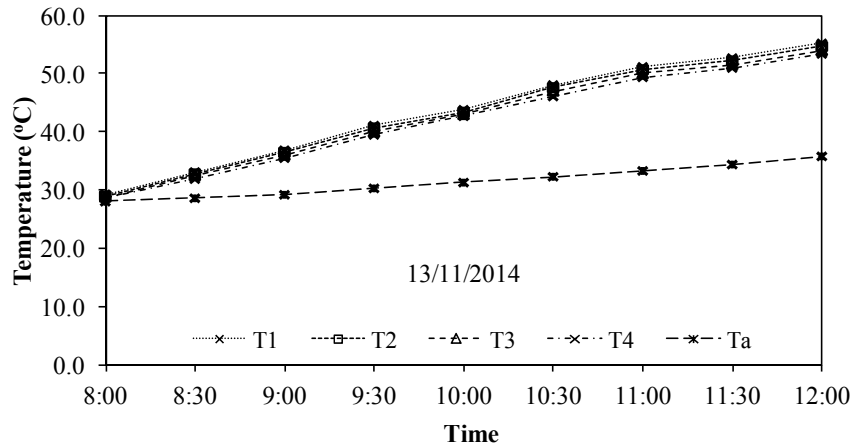
รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง

3. ผลการวิจัย

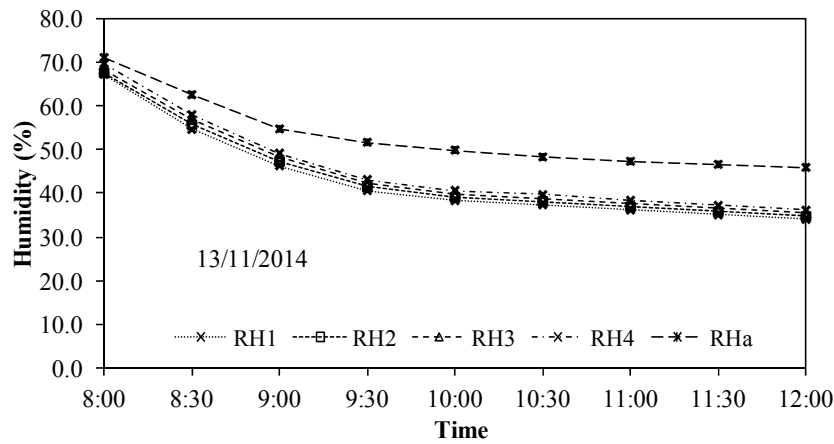
ในช่วงที่ทำการทดลอง คือ วันที่ 13 พฤศจิกายน 2557 สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ตลอดทั้งวัน ซึ่งสังเกตได้จากกราฟ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (รูปภาพที่ 2) จากรูปพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ละส่วนของ เครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ 10 - 20 °C ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 3 โดยจะแปรค่าตาม การเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ด้านความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์ พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงแรกของการอบ และจะเริ่มคงที่ในช่วงท้าย โดยการลดลงของความชื้นผลิตภัณฑ์ใน เครื่องอบจะลดลงเร็วกว่าความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 84% จนเหลือประมาณ 0% แสดงดังรูปภาพที่ 5 เมื่ออบแห้งแล้วใบมะกรูดทั้งหมดจากน้ำหนักสด 50 กิโลกรัม ลดลงเหลือ ประมาณ 8 กิโลกรัม



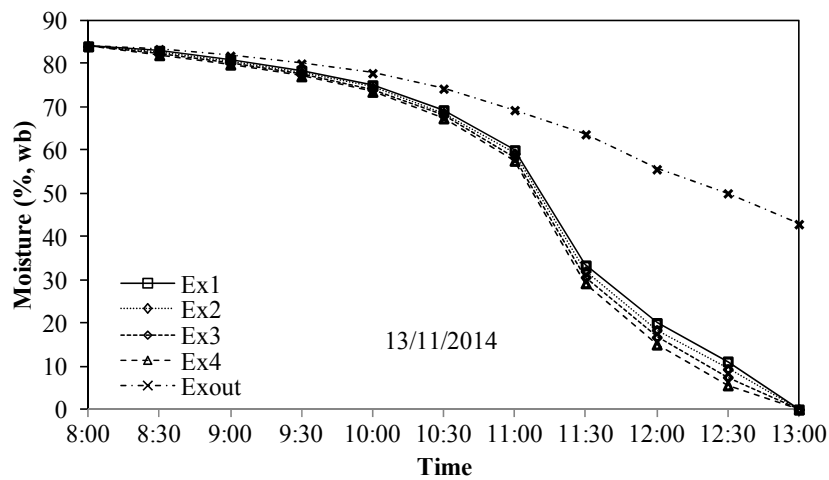
รูปภาพที่ 2 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



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.

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมสำหรับอบแห้งใบโหระพา Experimental Performance of a Mix Mode Solar Dryer for Drying Ocimum Basilicum Leaves

ณัฐพล ศรีสิทธิโกศล^{1,2*} ปาลิตา ทิมแท้¹ วิภาวรรณ จิวเจริญ¹ และ ชลธิชา สืบบุก¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*Nattapon2004@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้จะอธิบายถึงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม โดยเครื่องอบแห้งดังกล่าวถูกออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดเล็กสำหรับพื้นที่ทางการเกษตรที่ไม่มีไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์จะถูกอบแห้งบนชั้นหลายชั้น ซึ่งจะได้รับพลังงานจากอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และจากรังสีดวงอาทิตย์ทางอ้อม อุณหภูมิในส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 30.0° C ถึง 60.0° C ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ การทดสอบสมรรถนะทำโดยการอบใบโหระพาจำนวน 30 กิโลกรัมในเดือนมกราคม 2014 ในการอบแห้งต้องใช้ใบโหระพาที่มีความชื้น 83.33% (มาตรฐานเปียก) และใช้เวลาอบ 1 วัน จนความชื้นเหลือ 0% (มาตรฐานเปียก) อีกทั้งใบโหระพาที่อบในเครื่องอบแห้งแบบผสมยังสามารถป้องกันการรบกวนจากฝน ลม และแมลงได้อีกด้วย

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวงอาทิตย์, ใบโหระพา

Abstract

This paper describes a mixed mode solar dryer. The dryer was designed for small-scale commercial producers of agricultural products in non-electrified locations. The products to be dried are placed in multi layer on a wire mesh a mixed mode solar dryer to receive energy from both hot air supplied from the collector and incident solar radiation on products. Temperatures in the drying chamber varied from 30.0° C to 60.0° C depend on the weather conditions. To investigate its performance, the dryer was used to dry 30 kg of Ocimum basilicum leaves in January 2014. The dryer could be used for Ocimum basilicum leaves of 83.33% (wb) moisture content, and they could be dried within 1 day, with 0% (wb) remaining moisture. In addition, the Ocimum basilicum leaves being dried in a mixed mode solar dryer were completely protected from rain, insects and dust.

Keywords: mix mode solar dryer, solar dryer, solar collectors, solar radiation, Ocimum basilicum leaves

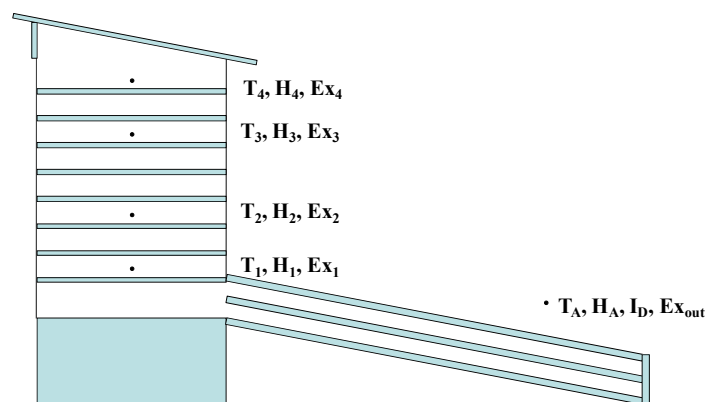
1. บทนำ

ใบโหระพา ถูกนำมาใช้ในการปรุงอาหาร เนื่องจากใบโหระพามีคุณสมบัติในการทำให้หลอดเลือดขยายตัว ลดคอเลสเตอรอล (Souliman, A., 2009: 125), (Murugan, K., 2007: 98), (Hicham, H., 2009: 4) ดังนั้นจึงทำให้ใบโหระพาเป็นที่นิยมใช้ปรุงอาหารทั้งในประเทศ และต่างประเทศ แต่ใบโหระพานั้นหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจะเก็บรักษาเอาไว้ได้ไม่นาน

อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารจึงพยายามในการหาวิธีที่จะเก็บรักษาใบโหระพาให้นานมากขึ้น โดยกระบวนการแปรรูปดังกล่าวต้องได้รับการยอมรับจากประเทศที่รับซื้อจากเกษตรกร กระบวนการแปรรูปที่สำคัญคือการตากแห้งหรืออบแห้ง ทั้งนี้เพราะการอบแห้งจะช่วยลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งช่วยยับยั้งการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราและแบคทีเรียและป้องกันอันตรายจากสิ่งสกปรกและแมลงด้วย วิธีการอบแห้งที่เกษตรกรนิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ การตากแดดตามธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะทำได้ง่าย และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่ก็มักประสบปัญหาการเสียหายของผลิตภัณฑ์ระหว่างการตากเช่นการรบกวน จากแมลงนก สุนัขรวมถึงการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆ และการตากแดดธรรมชาติจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศซึ่งควบคุมไม่ได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หลากหลายแบบ (Janjai, S., 2008: 33), (Bala, B. K., 2009), (Srisittipokakun, N., 2012: 32) ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดระยะเวลาในการทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง และไม่ต้องคอยกังวลเวลาฝนตก ว่าผลิตภัณฑ์จะเปียกฝนหรือไม่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมในการอบใบโหระพา

2. วิธีการทดลอง

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ยี่ห้อ TECPAL รุ่น DTM550 สำหรับข้อมูลความชื้นรังสีดวงอาทิตย์ใช้เครื่องไพราโนมิเตอร์ (pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CM 11 และการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ ดังแผนภูมิในรูปภาพที่ 1 จากรูปภาพที่ 1 เป็นมุมมองจากทางด้านข้างของเครื่องอบ (T_1 - T_4 เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ, T_A เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และ I_b เป็นจุดที่วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์, H_1 - H_4 เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ, H_A เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม, Ex_1 - Ex_4 เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบ, Ex_{out} เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายนอก



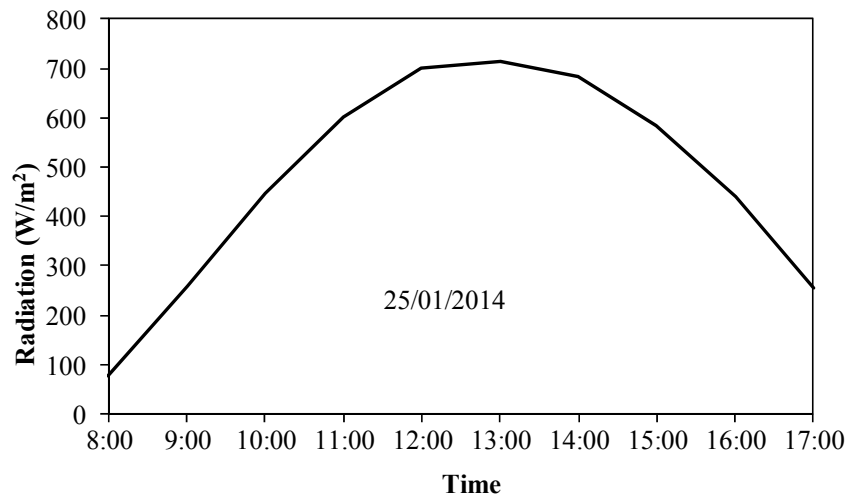
รูปภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดข้อมูลภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง จะทดสอบโดยการอบใบโหระพา 40 กิโลกรัม โดยจะเริ่มทำการทดลองเวลา 8:00 น. และหยุดทำการทดลองเมื่อตัวอย่างแห้ง โดยทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รวมถึงน้ำหนักของตัวอย่างทั้งภายในเครื่องและนอกเครื่องอบทุก 15 นาที ส่วนค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์

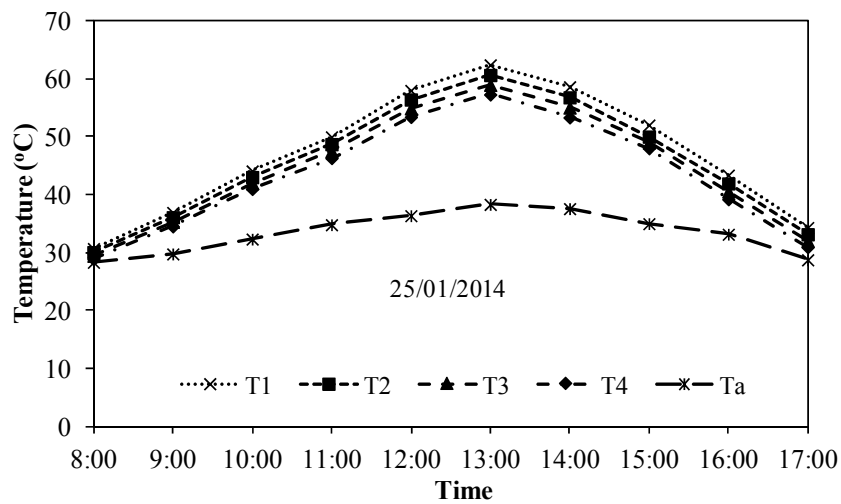
3. ผลการวิจัย

ในช่วงที่ทำการทดลอง คือ วันที่ 25 มกราคม 2557 สภาพท้องฟ้าปลอดโปร่ง ซึ่งสังเกตได้จากกราฟความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (รูปภาพที่ 2) จากรูปพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูง

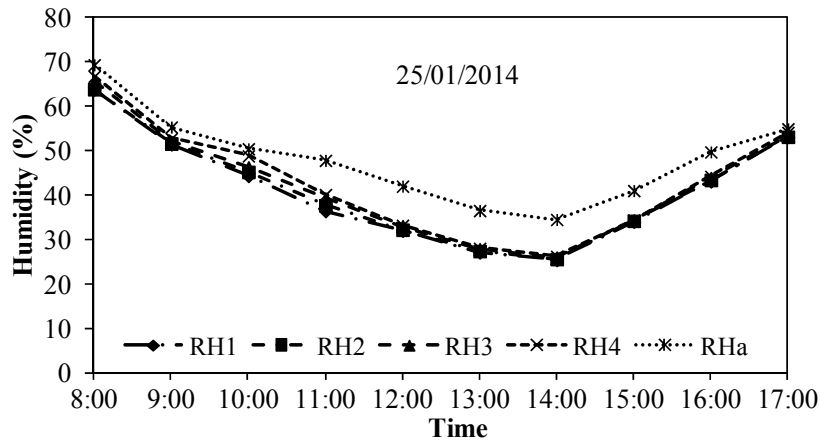
กว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมประมาณ $10 - 30^{\circ}\text{C}$ ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 3 โดยจะแปรค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ด้านความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา ดังแสดงในกราฟรูปภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงแรกของการอบ และจะเริ่มคงที่ในช่วงท้าย โดยการลดลงของความชื้นผลิตภัณฑ์ในเครื่องอบแห้งจะลดลงเร็วกว่าความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 83.33% จนเหลือประมาณ 0% แสดงดังรูปภาพที่ 5 เมื่ออบแห้งแล้วใบเสเดาทิ้งหมดจากน้ำหนักสด 40 กิโลกรัม ลดลงเหลือประมาณ 9 กิโลกรัม



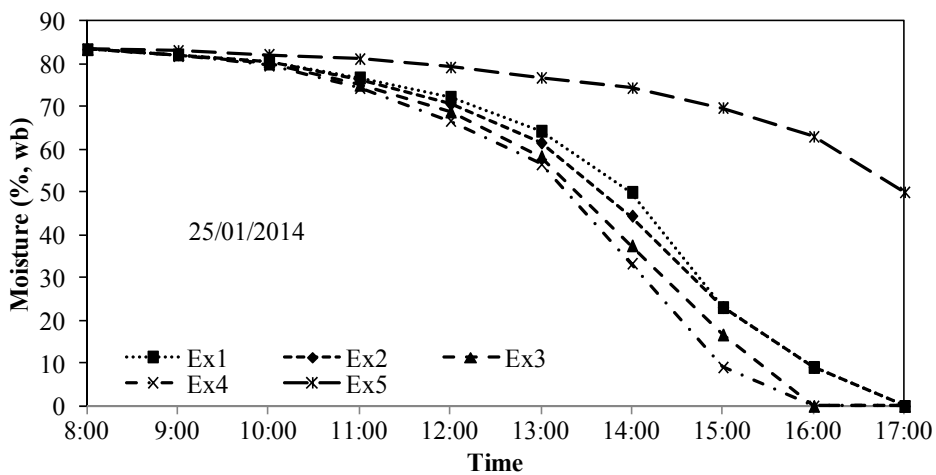
รูปภาพที่ 2 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



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 - 60 °C ตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ และความชื้นของตัวอย่างที่อบในเครื่องอบแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 83.33% จนเหลือประมาณ 0%

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทร์ฉาย ในการเอื้อเฟื้อข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

6. เอกสารอ้างอิง

- Souliman, A., Hicham, H., Dounia, G., Hassane, M., Abdelkhaleq, L., Mohammed, A., Francis, O., Martin, N. and Lisardo, B. (2009). Vasorelaxant and anti-platelet aggregation effects of aqueous *Ocimum basilicum* extract. **Journal of Ethnopharmacology**, Vol. 125, pp. 157–162.
- Murugan, K., Murugan, P. and Noortheen, A. (2007). Larvicidal and repellent potential of *Albizzia amara* Boivin and *Ocimum basilicum* Linn against dengue vector, *Aedes aegypti* (Insecta:Diptera:Culicidae). **Bioresource Technology**, Vol. 98, pp. 198–201.
- Hicham, H., Mohammed, A. and Souliman, A. (2009). Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) improves lipid metabolism in hypercholesterolemic rats. **e-SPEN the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism**, Vol. 4, pp. e181–e186.
- Janjai, S., Srisittipokakun, N. and Bala, B.K. (2008). Experimental and modeling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, **Energy**, Vol.33, pp. 91–103.
- 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.

การเปล่งแสงสีส้ม-แดงจากแก้ว $\text{Li}_2\text{O}_3:\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{B}_2\text{O}_3:\text{Sm}_2\text{O}_3$

วรารุส สอาดสิน^{1*} กิติพันธ์ บุญอินทร์^{1,2} และ จักรพงษ์ แก้วขาว^{1,2}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²หน่วยวิจัยแก้วและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*northstar.fufu@gmail.com

บทคัดย่อ

แก้วลิเทียม-แกโดลิเนียม บอเรต ซึ่งเจือด้วยซาแมเรียม $[60\text{Li}_2\text{O}:10\text{Gd}_2\text{O}_3:(30-x)\text{B}_2\text{O}_3:x\text{Sm}_2\text{O}_3]$ ($\text{LGBO}:\text{Sm}^{3+}$) ได้ถูกเตรียมโดยการหลอมและปล่อยให้เย็นในแผ่นสแตนเลส ได้ความดันบรรยากาศ และทำการวัดค่าคุณสมบัติบางอย่างทางกายภาพและทางแสงภายในช่วงความยาวคลื่นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงค่าการเปล่งแสงของแก้ว $\text{LGBO}:\text{Sm}^{3+}$ แล้วอภิปรายในสเปกตรัมการดูดกลืน มียอดพิคที่เด่นชัดอยู่ 2 ตำแหน่ง ในช่วง UV-VIS และ 6 ตำแหน่งในช่วง NIR ซึ่งบ่งชี้ถึง Sm^{3+} ในโครงสร้างแก้ว ความสูงของยอดพิค ในสเปกตรัมการดูดกลืนเพิ่มขึ้นตามสารเจือเช่นกัน ส่วนในสเปกตรัมการกระตุ้น มียอดพิคที่ชัดเจนอยู่ 7 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเลื่อนชั้นพลังงานจากสถานะพื้น $^6\text{H}_{5/2}$ ไปยังสถานะที่ถูกกระตุ้นระดับต่างๆ นอกจากนี้ ยังได้ทำการวัดสเปกตรัมการเปล่งแสง โดยกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 404 nm จากหลอดไฟแบบ Xenon compact arc จากนั้นนำค่าการเปล่งแสงที่ได้ไปคำนวณตามมาตรฐาน CIE 1931 ของ International Commission on Illumination เพื่อระบุสีของแสงที่เปล่งออกมาจากการกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 404 nm พบว่าทุกความเข้มข้นให้แสงที่ใกล้เคียงกันมาก คือ สีส้ม-แดง

คำสำคัญ: ลิเทียม-แกโดลิเนียม, สเปกตรัมการเปล่งแสง, LGBO, แก้ว, ซาแมเรียม, CIE 1931

Abstract

The samarium-doped lithium-gadolinium borate $[60\text{Li}_2\text{O}:10\text{Gd}_2\text{O}_3:(30-x)\text{B}_2\text{O}_3:x\text{Sm}_2\text{O}_3]$ ($\text{LGBO}:\text{Sm}^{3+}$) glasses have been melted and quenched in stainless plate under an air atmosphere. Some physical and optical properties within wavelength concerned and photoluminescence of the $\text{LGBO}:\text{Sm}^{3+}$ glasses were measured and discussed. In absorption spectra, there are 2 obvious peaks in UV-VIS range and 6 peaks in NIR range indicating the Sm^{3+} in glass matrices. The sharpness of a peak, in the absorption spectra, also increases with concentration of the dopant. The 7 obvious peaks in excitation spectra represent the transitions from the ground state $^6\text{H}_{5/2}$ to various excited states. Furthermore, The emission spectra were observed under 404 nm light from the Xenon compact arc lamps. The emission spectra was.... according to CIE 1931 from International Commission on Illumination to identify color of the light emitted from the glasses which had excited by the light of 404 nm. As the result, all glasses give the orange-red light.

Keywords: lithium-gadolinium, luminescence spectra, LGBO, glass, samarium, CIE 1931

1. บทนำ

แก้วที่เจือด้วยไอออนของกลุ่มแลนธาไนด์ถูกใช้ในการพัฒนาวัสดุในงานด้านทัศนศาสตร์มาหลายทศวรรษ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับผลึกแล้ว แก้วมีคุณสมบัติที่ดีกว่าหลายด้าน เช่น ราคาถูกและผลิตได้ในปริมาณมากๆ รวมถึงการเตรียมวัสดุสามารถทำได้ง่ายกว่า (A. Vedda et al, 2002: 259–263) จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ พบว่ามีการใช้กลุ่มธาตุ