



การอบแห้งใบเตยหอมด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม
Drying *Pandanus amaryllifolius* using a mixed-mode solar dryer

กิริติ เกิดศิริ¹, ณัฐพล ศรีสิทธิโชคกุล¹

¹โปรแกรมวิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000

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

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการอบแห้งใบเตยหอมโดยใช้อากาศร้อนจากด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมเปรียบเทียบกับตากแดดธรรมชาติ โดยทำการอบใบเตยหอมสดที่หั่นเป็นชิ้นปริมาณ 50 กิโลกรัม มีความชื้นเริ่มต้น 80% จนเหลือน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ที่ความชื้น 0% ภายในเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ โดยอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบมีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 70 °C ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ อีกทั้งยังสามารถป้องกันการรบกวนจากฝน สัตว์ และแมลงได้อีกด้วย ทั้งนี้สามารถคืนต้นทุนการผลิตได้ด้วยารอบเพียง 58 ครั้งเท่านั้น

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม, การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, แผงรับรังสีดวงอาทิตย์, รังสีดวงอาทิตย์, ใบเตยหอม

1. บทนำ

ใบเตยหอมนับเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่คนไทยรู้จักกันดี เนื่องจากมีการนำมาใช้กันอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาปรุงแต่งอาหาร ใบเตยสามารถนำมาใช้ได้ทั้งใบสดและใบแห้ง โดยกลิ่นหอมของใบเตยนั้นมาจากสารเคมีที่ชื่อว่า 2-acetyl-1-pyrroline นอกจากนี้ใบเตยยังประกอบด้วยสารอาหาร วิตามินและแร่ธาตุสำคัญอีกหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เบต้าแคโรทีน วิตามินซี วิตามินบี2 วิตามินบี3 ธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุฟอสฟอรัส เป็นต้น จึงทำให้ใบเตยมีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง ได้แก่ ช่วยบำรุงหัวใจ ขับปัสสาวะ ลดน้ำตาลในเลือด และกลิ่นหอมของใบเตยชื่นใจ คลายเครียดได้ดี [1-7] ในหลายกรณีได้มีการแปรรูปใบเตยโดยใช้วิธีการอบแห้ง เช่น การนำใบเตยไปทำ ชาใบเตย เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้า ในการแปรรูปใบเตยหอมมักนิยมใช้การตากแดดตามธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลานาน และอาจมีการรบกวนจากสัตว์หรือแมลงได้ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงนับเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งสมุนไพรส่งออก ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระบวนการที่สะอาดได้รับการยอมรับในระดับสากล [8-12] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการอบแห้งใบเตยหอมด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมเปรียบเทียบกับ การตากแดดธรรมชาติ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1. การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

เริ่มจากการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องการจากปริมาณน้ำที่จะต้องระเหย โดยเริ่มต้นจากการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยจากผลิตภัณฑ์โดยอาศัยสมการ [13]

$$m_w = (M_i - M_f)/(100 - M_f) \times m_i \tag{1}$$

เมื่อ m_w คือมวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg), m_i คือ มวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบ (kg), M_i คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ (% wb) และ M_f คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (% wb) จากนั้นจะคำนวณปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้จากสมการ [13]

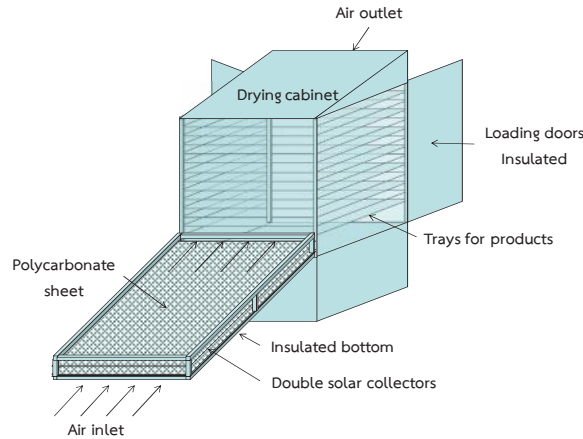
$$Q_{drying} = m_w L \tag{2}$$

เมื่อ Q_{drying} คือ ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ (MJ), m_w คือ มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg), L คือ ความร้อนที่จำเป็นใช้ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม (MJ/kg) ในขั้นตอนสุดท้ายจะคำนวณพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง ในที่นี้จะรวมหมายถึงพื้นที่ของส่วนที่ตากผลิตภัณฑ์และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบผสมรับรังสีดวงอาทิตย์ทั้งสองส่วน โดยในการคำนวณจะอาศัยสมการ [13]

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

เมื่อ A_{total} คือ พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2), H_T คือ ความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนพื้นราบ (MJ/m^2 -day), N_D คือ จำนวนวันที่ต้องการใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง (day) และ η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในฐานะที่เป็นแผงรับรังสี [13]

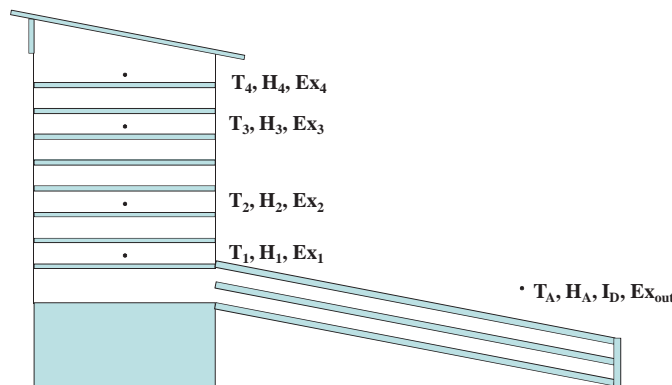
จากนั้นทำการสร้างเครื่องอบแห้งซึ่งประกอบด้วย ส่วนรับรังสีดวงอาทิตย์ และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ ในส่วนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะมีสองชั้น เพื่อลดการสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของเครื่องอบแห้ง ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นแนวตั้ง เพื่อลดการใช้พื้นที่ทางแนวนอน โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างวางเรียงต่อกันโดยตรงโดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนท่ออากาศ อีกทั้งยังลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (Pressure drop) ในท่ออากาศ ลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1: แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง

2.2. การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งจำเป็นต้องทราบข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั้งภายในและภายนอกเครื่องอบแห้ง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ยี่ห้อ TECPAL รุ่น DTM550 สำหรับข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ใช้เครื่องไพราโนมิเตอร์ (pyranometer) ยี่ห้อ KIPP & ZONEN รุ่น CM 11 และการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ ดังแผนภูมิในรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 เป็นมุมมองจากทางด้านข้างของเครื่องอบ (T₁-T₄ เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิภายในเครื่องอบ, T_A เป็นจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และ I_D เป็นจุดที่วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์, H₁ - H₄ เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเครื่องอบ, H_A เป็นจุดที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม, Ex₁-Ex₄ เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายในเครื่องอบ, Ex_{out} เป็นจุดที่วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ภายนอก



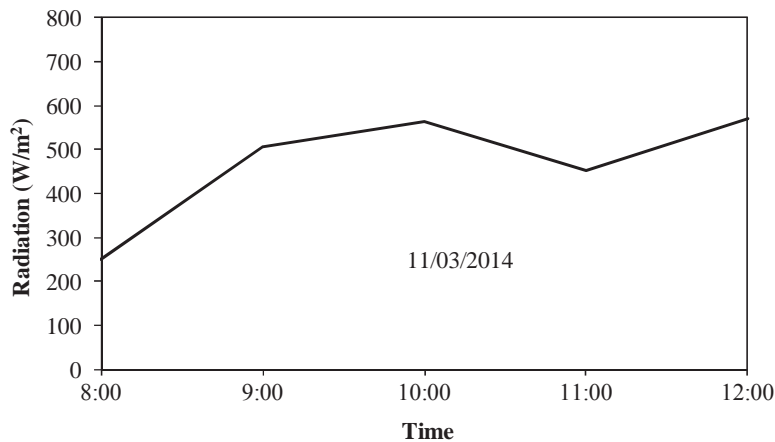
รูปที่ 2: แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดข้อมูลภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

2.3. ขั้นตอนการทดลอง

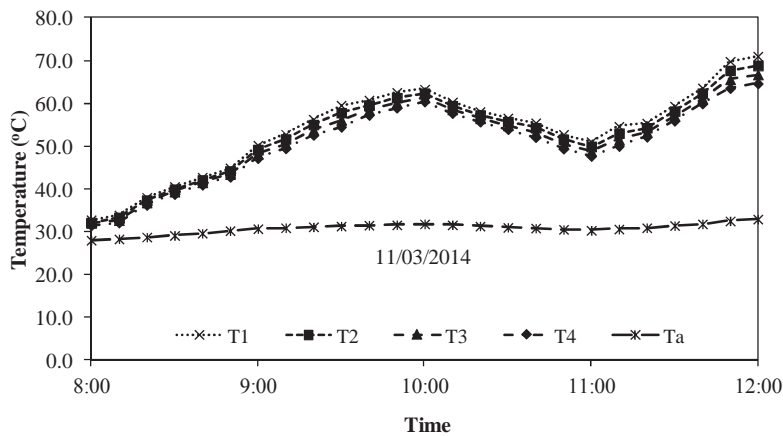
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง จะทดสอบโดยการอบใบเตยหอม 50 กิโลกรัม โดยจะเริ่มทำการทดลองเวลา 8:00 น. และหยุดทำการทดลองเมื่อตัวอย่างแห้ง โดยทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รวมถึงน้ำหนักของตัวอย่างทั้งภายในเครื่องและนอกเครื่องอบทุก 1 ชั่วโมง ส่วนค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะบันทึกค่าทุก 1 วินาที แล้วนำมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์

3. ผลการทดลอง

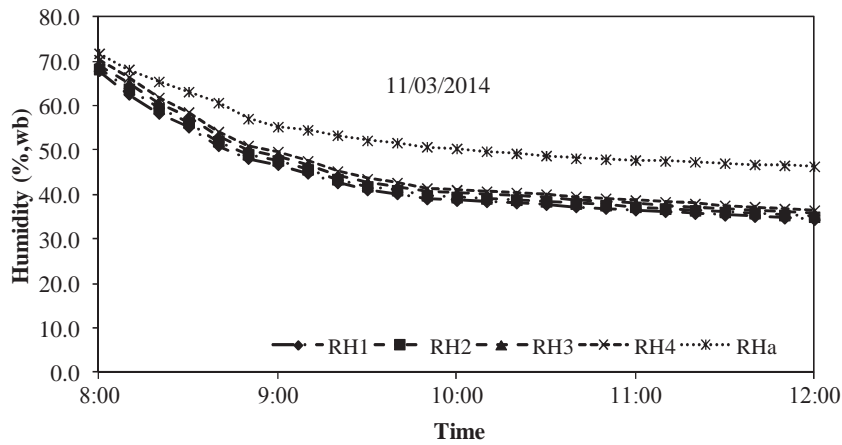
ทำการทดลองในวันที่ 11 มีนาคม 2557 ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 - 12.00 น. สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ซึ่งสังเกตได้จากกราฟความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (รูปที่ 3) จากรูปพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ละส่วนของเครื่องอบแห้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ประมาณ 20 - 40 °C ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4 โดยจะแปรค่าตามการเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ด้านความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเช้าอากาศจะมีความชื้นสูงและลดลงในช่วงเวลาต่อมา เนื่องจากภายในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิสูง ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำกว่าอากาศแวดล้อม ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5 เมื่อพิจารณาความชื้นของผลิตภัณฑ์พบว่าความชื้นลดลงค่อนข้างเร็วในช่วงแรกของการอบ และจะเริ่มคงที่ในเวลาต่อมา โดยการลดลงของความชื้นผลิตภัณฑ์ในเครื่องอบจะลดลงเร็วกว่าความชื้นผลิตภัณฑ์ที่ตากแดดตามธรรมชาติ โดยความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 80% จนเหลือประมาณ 0% แสดงดังรูปที่ 6 เมื่ออบแห้งแล้วใบเตยหอมทั้งหมดจากน้ำหนักสด 50 กิโลกรัม ลดลงเหลือประมาณ 10 กิโลกรัม



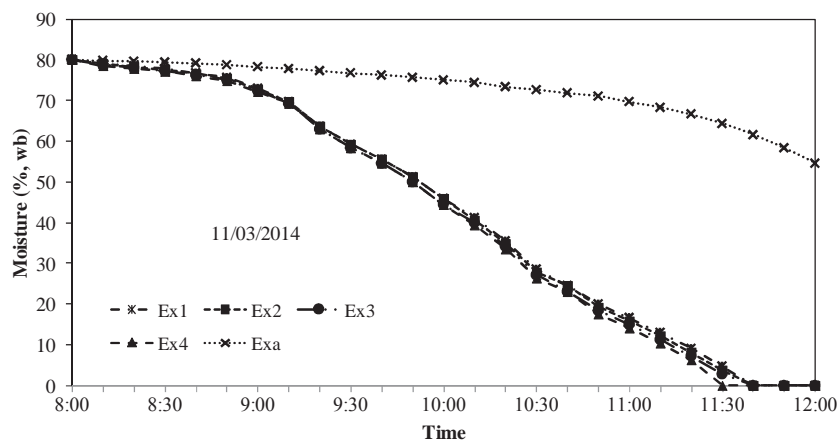
รูปที่ 3: แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 4: แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) กับอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นวางผลิตภัณฑ์ (T₁-T₄)



รูปที่ 5: แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (H_a) กับอากาศที่ไหลภายในเครื่องอบแห้งแต่ละชั้น (H_1-H_4)



รูปที่ 6: แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของใบเตยหอมภายในเครื่องอบแห้ง 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_p คือ ขนาดพื้นที่แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (m^2)

จากการคำนวณพบว่าค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งใบเตยหอมของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 45.47%



5. การคำนวณค่าความคุ้มค่า

คำนวณค่าความคุ้มค่าในการสร้างเครื่องอบแห้งเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรม โดยกำหนดให้ค่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมทรงพาราโบลามีราคาโดยประมาณ 100,000 บาท และกำหนดให้ใบเตยหอมสดมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 20 บาท เครื่องอบแห้งสามารถอบใบเตยหอมได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 1,000 บาท เมื่ออบเสร็จจะได้ใบเตยหอมแห้งเหลืออยู่ประมาณ 10 กิโลกรัม สามารถขายได้กิโลกรัมละ 500 บาท คิดเป็นเงิน 5,000 บาท ทุกครั้งที่อบจะคิดค่าเสื่อมสภาพของเครื่องอบแห้ง รวมถึงค่าจ้างในการเตรียมวัตถุดิบเป็นเงิน 500 บาท ต่อรอบการอบ ดังนั้นในการอบแต่ละครั้งจะได้กำไรประมาณ 3,500 บาท ฉะนั้นถ้าสามารถอบใบเตยหอมได้ประมาณ 58 รอบ (กรณีอบต่อเนื่องกัน) จะสามารถคืนต้นทุนการผลิตได้

6. สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมทำงานได้ดีแม้ว่าในช่วงท้องฟ้าจะมีเมฆมากก็ตาม โดยอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในช่วง 40 - 70 °C ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของการอบแห้ง ผลลัพธ์ที่อบแห้งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ความชื้นของตัวอย่างในเครื่องอบแห้งจะลดลงจาก 80% จนเหลือประมาณ 0% ในเวลา 4 ชั่วโมง โดยค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งใบเตยหอมของส่วนอบแห้งมีค่าอยู่ที่ 45.47% ทั้งนี้สามารถคืนต้นทุนการผลิตได้ด้วยการอบเพียง 58 ครั้งเท่านั้น

บรรณานุกรม

- [1] Linda, S. M. Ooi, Samuel, S. M. Sun, Vincent, E. C. Ooi, 2004, "Purification and characterization of a new antiviral protein from the leaves of *Pandanus amaryllifolius* (Pandanaeae)", The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, Vol. 36, 1440-1446.
- [2] Paramita Bhattacharjee, Amol Kshirsagar, Rekha S. Singhal, 2005, "Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from *Pandanus amaryllifolius* Roxb", Food Chemistry, Vol. 91, 255-259.
- [3] Fatihanim, M. N., Suhaila, M., Nor, A. I., Razali, I., 2008, "Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies", Food Chemistry, Vol. 110, 319-327.
- [4] Kantilal, V. Wakte, Ratnakar, J. Thengane, Narendra, Jawali, Altafhusain, B. Nadaf, 2010, "Optimization of HS-SPME conditions for quantification of 2-acetyl-1-pyrroline and study of other volatiles in *Pandanus amaryllifolius* Roxb.", Food Chemistry, Vol. 121, 595-600.
- [5] Ping, HAN, Prakash, Kumar, Bee-Lian, Ong, 2014, "Remediation of nutrient-rich waters using the terrestrial plant, *Pandanus amaryllifolius* Roxb.", Journal of Environmental Sciences, Vol. 26, 404-414.
- [6] <http://clgc.rdi.ku.ac.th/index.php/rs/f-product2/314-pandanus>
- [7] http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_03_3.htm
- [8] Bukola, O.B., Ayoola P.O., 2008, "Performance Evaluation of a Mixed-Mode Solar Dryer", AU Journal of Technology, Vol. 11(4), 225-231.
- [9] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K., 2013, "Experimental performance of a mix mode solar dryer for drying *Centella asiatica*", Advanced Materials Research, Vol. 770, 80-83.
- [10] Srisittipokakun, N., Kirdsiri, K., 2014, "Drying pineapple using a mix mode solar dryer", Advanced Materials Research, Vol. 979, 11-15.
- [11] Ho-Hsien Chen, Carlos Eduardo Hernandez, Tzou-Chi Huang, 2005, "A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer", Solar Energy, Vol. 78, 97-103
- [12] Banout, J., Ehl, P., Havlik, J., Lojka, B., Polesny, Z., Verner, V., 2011, "Design and performance evaluation of a Double-pass solar drier for drying of red chilli (*Capsicum annum* L.)", Solar Energy, Vol. 85, 506-515
- [13] 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.