

การออกแบบเครื่องอบแห้งกล้วยเล็บมือนางด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดโดยการใช้แก๊ส LPG
Design of Lebmuernang Banana Dryer with LPG Gas Infrared Radiation

ปราโมทย์ กุศล¹ และ มนสิชา ติปะวรรณ²
Pramote Kuson¹ and Monsicha Tipawanna²

Abstract

Lebmuernang banana is very popular for consumption in the south of Thailand because Lebmuernang banana provides good taste like a Cavendish banana. For this reason, many farmers in Chumphon province prefer planting a lot of Lebmuernang banana, which therefore causes banana yield to be over-supplied. To reduce this problem, banana is processed into dried banana. Many drying processes use heating by solar energy, the temperature and the drying time which cannot be controlled precisely. In addition, the convection of heat from the use of electric power and convection from LPG gas wastefully consume energy. The objectives of this research were to design and develop the banana dryer with LPG gas infrared radiation to reduce the power consumption and drying time. The dimensions of the dryer were 90 cm wide, 100 cm long and 120 cm high. The dryer consisted of, 3 trays of 50 cm wide and 75 cm long and 4 ventilation fans in the circulating air inside the oven, 2 infrared gas burners for heating, which was controlled at 51 - 53°C. The samples of this experiment used 3 kg of ripe Lebmuernang banana for each tray. The samples were dried until the moisture content reached 40 % db. After that, the drying bananas were in each tray measured for the color and the firmness. The results showed that the drying time was 20 hours and the thermal efficiency of the drying was 67.5%. The color and the firmness of banana drying in each tray were not significant. The average value for L *, a *, b * were 39.49, 7.80, 27.42, with, the average firmness equal to 6.97 N, respectively.

Keywords: Lebmuernang banana, Lebmuernang banana drying, drying with Infrared

บทคัดย่อ

กล้วยเล็บมือนางเป็นกล้วยที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากทางภาคใต้ของไทย เนื่องจากมีรสชาติคล้ายกับกล้วยหอม เกษตรกรในจังหวัดชุมพรจำนวนมากจึงนิยมปลูกกล้วยเล็บมือนาง จึงทำให้ผลผลิตล้นตลาด การนำกล้วยเล็บมือนางมาแปรรูปผลิตภัณฑ์ เป็นกล้วยเล็บมือนางอบแห้งจึงเป็นการลดปัญหาดังกล่าว กระบวนการอบแห้งส่วนใหญ่จะใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิ และเวลาที่แน่นอนได้ หรือการพาความร้อนจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และการพาความร้อนจากการใช้แก๊ส LPG ที่สิ้นเปลืองพลังงานสูง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ และพัฒนาเครื่องอบกล้วยโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด แบบใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) เพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน และระยะเวลาการอบแห้ง เครื่องอบแห้งมีขนาดกว้าง 90 ซม. ยาว 100 ซม. และสูง 120 ซม. ประกอบด้วยถาดขนาด กว้าง 50 ซม. และยาว 75 ซม. จำนวน 3 ถาด ใช้พัดลมระบายอากาศจำนวน 4 ตัว เพื่อหมุนเวียนอากาศด้านในของเครื่องอบ หัวเตาอินฟราเรดชนิดแก๊ส จำนวน 2 หัว ควบคุมอุณหภูมิที่ 51 - 53 องศาเซลเซียส ใช้กล้วยเล็บมือนางสุกถาดละ 3 กก. โดยให้เหลือเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของกล้วยหลังจากการอบประมาณ 40 % db จากนั้นทำการวัดสี และหาค่าความแน่นเนื้อของกล้วยอบในแต่ละถาด ผลการศึกษาพบว่าใช้เวลาในการอบแห้ง 20 ชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งเท่ากับ 67.5 % ค่าของสี และค่าความแน่นเนื้อของกล้วยอบแต่ละถาด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าสีมีค่าเฉลี่ย L*, a*, b* เท่ากับ 39.49, 7.80, 27.42 ค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.97 นิวตัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: กล้วยเล็บมือนาง การอบแห้งกล้วยเล็บมือนาง การอบแห้งด้วยอินฟราเรด

¹ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160

²ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160

² Department of General Science and Liberal Arts, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

คำนำ

พื้นที่เพาะปลูกของกล้วยในปี 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ (เกษตรก้าวไกล, 2559) ดังนั้นจึงทำให้ผลผลิตของกล้วยต้นตลาด การแปรรูปกล้วยสดเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยกวน กล้วยอบ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า และยืดอายุของผลิตภัณฑ์จากกล้วยได้ จังหวัดชุมพรมีพื้นที่ปลูกกล้วยส่วนใหญ่ได้จากกล้วยเล็บมือนาง เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ทนถิ่นประจำภาคใต้ ได้มีการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2559) การแปรรูปกล้วยเล็บมือนางอบแห้งของชาวบ้านพ่อตาหินช้างในอำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร ใช้วิธีการอบกล้วยด้วยการอบแบบตู้อบลมร้อน และการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จากการอบด้วยวิธีดังกล่าวใช้เวลานาน และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี, เนื้อสัมผัส และรสชาติของกล้วย นอกจากนี้ การอบกล้วยด้วยลมร้อนนั้นยังมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ เนื่องจากตัวพาความร้อนไปยังวัสดุที่เป็นอาหาร มีการถ่ายเทความร้อนไปไม่ดีพอ (Zhongli, et al., 2008) งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะการออกแบบ และพัฒนาเครื่องอบกล้วยโดยการแผ่รังสีอินฟราเรด แบบใช้หัวแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของเครื่องอบ เวลาที่ใช้ในการอบ คุณภาพของกล้วยอบประกอบด้วย สี เนื้อสัมผัส และรสชาติของกล้วยหลังจากการอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การออกแบบ และการสร้างเครื่องอบกล้วยพลังงานความร้อนแบบการแผ่รังสีรังสีอินฟราเรด

ออกแบบเครื่องอบกล้วยที่มีลักษณะเป็นตู้อบแห้งแบบ Cabinet drier สามารถใส่ถาดขนาด กว้าง 50 ซม. และยาว 75 ซม. จำนวน 3 ถาด โดยใช้พัดลมระบายอากาศช่วยระบายอากาศ และหมุนเวียนอากาศด้านในเครื่องอบ ใช้การแผ่รังสีด้วยหัวเตาอินฟราเรดชนิดใช้แก๊ส โดยให้ช่วงความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 2 - 4 ไมโครเมตร (Figure 1)

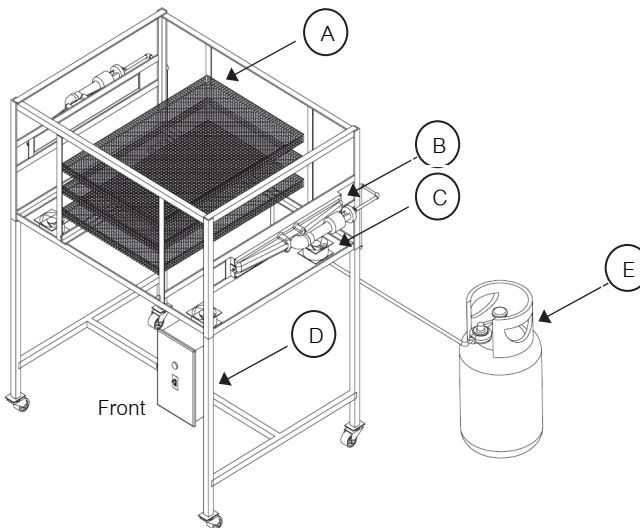


Figure 1 The Schematic diagram of Lebmuenang banana dryer with LPG gas infrared radiation consisted of (A) Stainless steel tray (B) Gas burner (C) Ventilation fans (D) Control unit (E) Gas tank

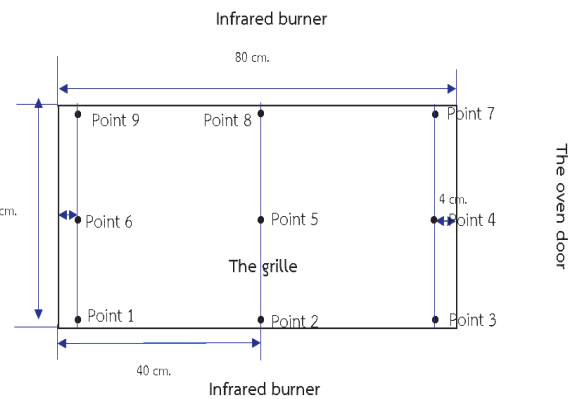


Figure 2 Position for measuring the temperature distribution inside the oven

2. การทดสอบการกระจายตัวของอุณหภูมิของแต่ละถาดในเครื่องอบ

การทดสอบการกระจายตัวของอุณหภูมิใช้ดีจิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ ยี่ห้อ Lutron (รุ่น TM-1947SD ผลิตที่ประเทศไต้หวัน) ใช้เทอร์โมคัปเปิล Type K วัดการกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละถาด โดยกำหนดการวัดวางบนถาดๆ ละ 9 ตำแหน่ง ดัง Figure 2 เปิดเครื่องอบเป็นเวลา 15 นาที ปรับตั้งค่าความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นอ่านค่าอุณหภูมิในแต่ละ ตำแหน่ง

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอบและเวลาที่ใช้ในการอบ

เครื่องอบกล้วยด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด สามารถหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง (Tirawanichakul et al., 2008) คำนวณได้จากสมการที่ (1) เมื่อ η_s คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนอบแห้ง (%) M_w คือ มวลของน้ำระเหยออกจากวัสดุ (kg) h_{fg} คือ สัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำ (MJ/kg) \dot{m} คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s) C_a คือ ค่าความจุ

ความร้อนจำเพาะอากาศ (MJ/kg°C) T_i คือ อุณหภูมิของอากาศก่อนอบแห้งวัสดุ (°C) T_f คือ อุณหภูมิของอากาศหลังอบแห้งวัสดุ (°C) และ t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)

$$\eta_s = \frac{M_w h_{fg}}{\dot{m} C_a (T_f - T_i) t} \times 100 \quad (1)$$

น้ำหนักของน้ำที่ระเหย และอัตราการอบแห้งสามารถคำนวณได้จากสมการ (2) (3) และ สมการที่ (4)

$$W_2 = \frac{(100 - M_1) \times W_1}{100 - M_2} \times 100 \quad (2)$$

$$M_w = W_1 - W_2 \quad (3)$$

$$\text{อัตราการอบแห้ง (Drying rate)} \quad D_R = \frac{(M_1 - M_2) \times W_2}{t} \quad (4)$$

เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่ระเหยหรือน้ำหนักของน้ำที่ต้องกำจัดออก (kg) W_1 คือ น้ำหนักมวลก่อนอบแห้ง (kg) W_2 คือ น้ำหนักมวลหลังอบแห้ง (kg) M_1 คือ ความชื้นก่อนอบแห้ง (%) M_2 คือ ความชื้นหลังอบแห้ง (%)

นำกล้วยเล็บมือนางสุกมาปอกเปลือกใส่กะละมัง แล้วทำการเขย่ากะละมังเบาๆ เพื่อให้ให้น้ำหวานของกล้วยออกจากรู นำมาวางเรียงใส่ถาดแล้วชั่งน้ำหนักกล้วยถาดละ 3 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 - 55 องศาเซลเซียส พร้อมเริ่มจับเวลา กล้วยจะถูกนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 3 ตำแหน่ง (UWE รุ่น GW-30K ผลิตที่ประเทศไต้หวัน) เมื่ออบกล้วยได้ 8 ชั่วโมง นำกล้วยออกมาพักนอกตู้อบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงอบต่อจนกระทั่งน้ำหนักของกล้วยแต่ละถาดมีน้ำหนักลดลงเหลือ 1.20 กิโลกรัม (เหลือความชื้นหลังการอบแห้ง 40 % db) แล้วหยุดจับเวลา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนในห้องทดลอง

4. การทดสอบหาคุณภาพของกล้วยอบ

เมื่อนำกล้วยออกจากตู้อบให้พักกล้วยจนกระทั่งอุณหภูมิของกล้วยใกล้เคียงกับอุณหภูมิของห้อง จากนั้นนำกล้วยไปทดสอบคุณสมบัติ ด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOLTA รุ่น Chroma Meter CR-400 ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยวัดตัวอย่างละ 3 ตำแหน่ง โดยสุ่มถาดละ 10 ผล ทดสอบหาเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Lloyd instrument รุ่น TA Plus ผลิตที่ประเทศอังกฤษ) ตำแหน่งการวัดจุดเดียวกันกับการวัดสี และทดสอบความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ จากกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบในช่วงอายุ 18 - 35 ปี จำนวน 50 คน

ผล

1. การออกแบบ และการสร้างเครื่องอบกล้วยพลังงานความร้อนแบบการแผ่รังสีรังสีอินฟราเรด

เครื่องอบกล้วยมีขนาดกว้าง 90 ซม. ยาว 100 ซม. และสูง 120 ซม. ผนังตู้ทำจากสแตนเลส สามารถใส่ถาดขนาด กว้าง 50 ซม. และยาว 75 ซม. จำนวน 3 ถาด ทำจากสแตนเลสเช่นกัน ใช้พัดลมระบายอากาศจำนวน 4 ตัวโดย 2 ตัวด้านหน้าเป็นพัดลมดูดอากาศ และ 2 ตัวด้านหลังเป็นพัดลมระบายอากาศ (ยี่ห้อ CNDF รุ่น TA15051HSL-2 กระแสไฟ 220 VAC) เพื่อหมุนเวียนอากาศด้านในเครื่องอบ ใช้หัวเตาอินฟราเรดชนิดแก๊ส (รุ่น A802 ผลิตจากประเทศไต้หวัน)

2. การทดสอบการกระจายตัวของอุณหภูมิของแต่ละถาดในเครื่องอบ

ผลจากการทดลองการกระจายตัวของอุณหภูมิทั้ง 3 ถาด (Figure 3) พบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมิทั้ง 3 ถาดมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน และการกระจายของอุณหภูมิแต่ละจุดบนถาดเดียวกันมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอุณหภูมิอยู่ในช่วง 51 - 53 องศาเซลเซียส อุณหภูมิมีความแตกต่างกัน 2 องศาเซลเซียส

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอบและเวลาที่ใช้ในการอบ

ผลจากการหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนพบว่ามีความเท่ากับ 67.5 % สำหรับการอบแห้งกล้วยเล็บมือนางครั้งละ 9 กิโลกรัม ส่วนผลการหาอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง พบว่าการอบกล้วยเล็บมือนางด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด (Figure 4) ในช่วงแรกอัตราส่วนความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งถึงชั่วโมง ที่ 17 อัตราส่วนความชื้นจะคงอยู่ ลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งใช้เวลาในการอบแห้ง 20 ชั่วโมง (ลดความชื้นเหลือ 40 % มาตรฐานแห้ง) ทั้ง 3 ถาดมีอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่ใกล้เคียงกัน

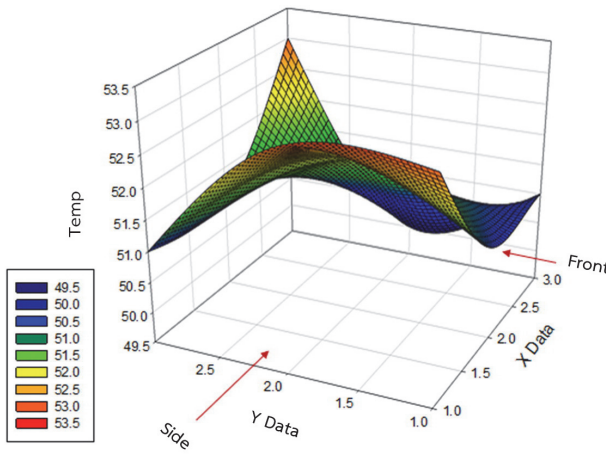


Figure 3 Average temperature distribution of tray

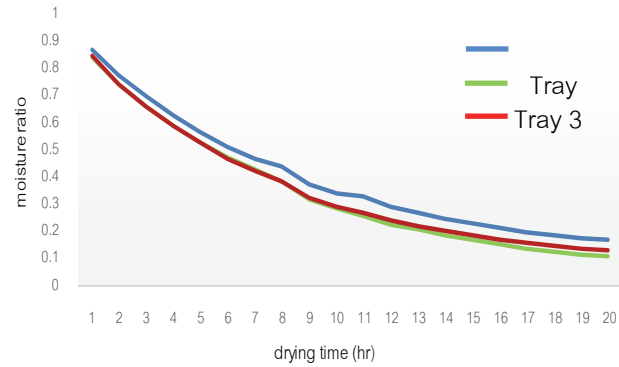


Figure 4 Relationship between moisture ratio and drying time

4. การทดสอบหาคุณภาพของกล้วยอบ

ค่าความแตกต่างผลรวมของสี (ΔE) เท่ากับ 11.34 ค่าสีเฉลี่ย L^* , a^* , b^* เท่ากับ 39.49, 7.80, 27.42 และค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.97 นิวตัน ทั้งสามค่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 ถาด สำหรับผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนางอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด พบว่าความพึงพอใจทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และรสชาติของผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับที่วางขายในท้องตลาด

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการกระจายตัวของอุณหภูมิของทั้ง 3 ถาดแตกต่างกัน 2 องศาเซลเซียส มีสาเหตุมาจากจุดนั้นอยู่ใกล้กับพัดลมระบายอากาศจึงทำให้ความร้อนเคลื่อนที่ไปสู่จุดนั้นมาก สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อการอบแห้งหนึ่งครั้ง พบว่าเครื่องอบแห้งแบบแฟรงค์มีค่าใช้จ่าย 9.97 บาท/กล้วยอบแห้งหนึ่งกิโลกรัม แบบพาความร้อนจากการใช้แก๊ส LPG มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าเล็กน้อยคือ 10.78 บาท/กล้วยอบแห้งหนึ่งกิโลกรัม (ราคาแก๊สหุงต้ม ณ วันที่ 4 เมษายน 2561) สาเหตุมาจากขนาดของเครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนมีปริมาตรการอบมากกว่าถึง 4.4 เท่า จึงทำให้เมื่อคิดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบกล้วยโดยการแผ่รังสีอินฟราเรดแบบใช้แก๊ส LPG มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 67.5 % การกระจายตัวของอุณหภูมิของทั้ง 3 ถาดมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน สามารถอบกล้วยเล็บมือนาง 9 กิโลกรัม ใช้เวลา 20 ชั่วโมง โดยให้เหลือความชื้นหลังการอบแห้ง 40 % db ในแต่ละถาดมีค่าความแตกต่างผลรวมของสี (ΔE) ค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกับการใช้เครื่องอบแบบพาความร้อนตามท้องตลาด

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล และนักวิทยาศาสตร์ ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ร้านบ้านครูแฉ้ว ร้านณัฐนันท์ และคุณครูรัชณี (อำเภอกาบัง) ที่ให้คำปรึกษาทั้งในด้านข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2559. สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์กล้วยเล็บมือนางชุมพร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ipthailand.go.th/th/gi-011/item/71>. (2 เมษายน 2561).

เกษตรก้าวไกล. 2559. สินค้าเกษตรปี 60 ข้อมูลจากตลาดไท. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.kasetkaoklai.com/home/2017/01>. (11 เมษายน 2561).

Tirawanichakul, S., W. Na Phatthalung and Y. Tirawanichakul. 2008. Drying strategy of shrimp using hot air convection and hybrid infrared radiation and hot air convection. *Walailak Journal of Science and Technology* 5(1): 77-100.

Zhongli, P., C. Shih, T. H. McHugh and E. Hirschberg 2008. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology* 41(10): 1944-1951.