



การจำแนกความสุก – แก่ของทุเรียนพันธุ์ “หมอนทอง” แบบไม่ทำลายด้วยสเปกโทรสโกปีช่วงแสงที่มองเห็นได้ที่เปลือก

Non-destructive classification of durian maturity of ‘Monthong’ cultivar by visible spectroscopy of the husk

ประกิต ทิมขำ^{1*}, อนุนันท์ เทอดวงศ์วรกุล²

Prakit Timkhum^{1*}, Anupun Terdwongworakul²

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน, น่าน, 55000

¹Agro-Industry Program, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Nan, 55000

²ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

²Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University - Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: Tel: +66-8-6881-2254, Fax: +66-54-771-398, E-mail: prakit_ti@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การเก็บเกี่ยวทุเรียนอ่อนทำให้เกิดปัญหาการส่งออกทุเรียน สีที่เปลือกผลเป็นดัชนีหนึ่งที่ใช้บ่งบอกความสุก-แก่ของทุเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างโมเดลจำแนกความสุก-แก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแบบไม่ต้องทำลายผลทุเรียนด้วยข้อมูลสเปกโทรสโกปีช่วงแสงที่มองเห็นได้ของเปลือกผลทุเรียน โดยวัดข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่เปลือกผลสำหรับทุเรียนที่มีอายุหลังดอกบาน 5 ช่วงอายุตั้งแต่ 106 ถึง 134 วัน จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำแนกกลุ่ม พบว่า โมเดลสามารถคัดแยกทุเรียนออกเป็น 5 กลุ่มได้ถูกต้อง 83.3%

คำสำคัญ: ทุเรียน, ความสุกแก่, เปลือก

Abstract

Harvesting immature durian is problematic for durian exporters. The color of durian husk is one of the indexes used to indicate mature durians. The objective of this research was to obtain a non-destructive maturity classification model of Monthong durians based on visible spectroscopy of durian husk. Absorbance spectral data of durian husk, of which age ranged from 106 to 134 days after anthesis, were measured. The data discriminant analysis showed that model can be separated into five groups which have 83.3% of accuracy.

Keywords: Durian, Maturity, Husk

1 บทนำ

ประเทศไทยถือว่าเป็นผู้นำในการปลูก และผลิตทุเรียนที่มีคุณภาพสูงรายใหญ่ที่สุดในโลก สถิติการส่งออกทุเรียนสดของประเทศไทยในปี 2555 มีประมาณ 326,097 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 5,800 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) อย่างไรก็ตามหลายปีที่ผ่านมา ผู้บริโภค และผู้ค้า ยังคง

ประสบปัญหาการส่งออกทุเรียนอ่อน ซึ่งอาจมีสาเหตุจากความผิดพลาดในการคัดเลือก หรือการจงใจของคนคัดเลือก ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ชาวสวนใช้ในการพิจารณาคัดเลือกความบ่มสุกของผลทุเรียนคือ นับอายุวันหลังดอกบาน ดูสีและลักษณะทางกายภาพ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของผลทุเรียน โดยผลทุเรียนที่แก่จัดสีที่ปลายหนามจะออกสีน้ำตาลเข้ม สีผลด้านบนจะมันและแห้ง

ร่องพูเป็นสีน้ำตาล ก้านผลแข็งเมื่อตัดจะติดกลับ ปากปลิงจะขยายออก เมื่อบีบปลายหนามเข้าหากันจะติดกลับคล้ายสปริง ร่องพูห่างมากขึ้น หรือเมื่อเคาะที่ผลจะมีเสียงโพกและโป่ง และมีน้ำหนักเนื้อแห้งขึ้นต่ำ 32% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) วิธีการดั่งที่กล่าวมาแล้วนั้น ต้องใช้ความชำนาญและประสบการณ์ของผู้คัดเลือก ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพิจารณาความบริสุทธิ์ได้

วิธีการวัดค่าต่างๆ ไม่สามารถวัดสมบัติของเนื้อทุเรียนได้โดยตรงเนื่องจากเปลือกของทุเรียนมีความหนา ดังนั้นการวัดที่อาศัยสมบัติของเปลือก ก้าน หรือหนาม จึงเป็นวิธีการวัดค่าที่สามารถทำได้ ซึ่งมีงานวิจัยที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของหนาม เปลือก หรือก้าน ที่สัมพันธ์กับความสุก-แก่หรือในที่นี้ก็คือ อายุวันหลังดอกบาน หรือน้ำหนักแห้งของเนื้อผลทุเรียน

Kongrattanapsert et al. (2001) ใช้วิธีการวัดค่า force vibration ประมาณความสุก-แก่ของทุเรียนโดยใช้วิธีกระตุ้นที่บริเวณร่องหนามกลางผลทุเรียนด้วยความถี่ต่ำ และคงที่ (30 Hz) แล้ววัดค่าการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านผลทุเรียนด้านหนึ่งไปยังฝั่งตรงข้ามอีกด้านหนึ่งของผลโดยใช้ laser doppler เป็นตัวรับแล้วแปลงค่าเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถอ่านด้วยออสซิลอโคปได้ พบว่า ทุเรียนอ่อนจะมีค่าความถี่ และ amplitude น้อยกว่า ทุเรียนแก่ Rutpralom et al. (2002) ใช้คลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 3 GHz วัดความชื้นของทุเรียนแล้วนำไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักเพื่อวัดความสุกของทุเรียน Neamsorn and Terdwongworakul (2004) วัดเสียงเคาะและความแข็งแรงของก้านผลทุเรียน ที่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเนื้อ ใช้ประเมินความสุกแก่ทุเรียนได้ Pathaveerat et al. (2008) นำเทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร ที่วัดค่าโดยไม่ต้องทำลายผล ในการตรวจสอบความสุกแก่ของสับปะรดสามารถทำนายความสุกแก่ได้มีความแม่นยำ 75.7% Jha et al. (2006, 2007) ใช้ spectrophotometer ในการวัดสีผิวของมะม่วง เพื่อหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และความแน่นเนื้อ โดยใช้ค่าของสเปกตรัมที่มองเห็นได้ที่ช่วงความยาวคลื่น 440 และ 480 nm และยังสามารถพัฒนาโมเดลทำนาย ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของการเก็บเกี่ยว ($R^2 = 0.8$) โดยใช้สเปกตรัมที่มองเห็นได้ ช่วงความยาวคลื่น 530-550 nm Wanitchang et al. (2010) หาดัชนีการแยกความสุกแก่ของผลแก้วมังกร พบว่าค่าการสะท้อนแสงของผลแก้วมังกรมีค่าสูงสุดที่ช่วงความยาวคลื่น 550 และ 650 nm และสามารถใช้นำทำนายค่าความแน่นเนื้อของผลแก้วมังกรได้ Wanitchang et al. (2011) สามารถทำนายอายุ

วันหลังดอกบานของมะม่วงได้ถูกต้อง 95% โดยใช้สมบัติทางกายภาพ ทางกล และทางแสง ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Discriminant Analysis (DA) และ Pholpho et al. (2011) จำแนกความชื้นของลำไยโดยใช้สเปก-โตรสโกปีช่วงแสงที่มองเห็นได้ถูกต้อง 100%

อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดสีที่เปลือกของผลทุเรียนเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสุกแก่ ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรใช้เป็นดัชนีบอกความสุกแก่ของทุเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลที่ใช้ในการคัดแยกผลทุเรียนตามความสุกแก่ โดยการประยุกต์ใช้สเปกโตรสโกปีช่วงแสงที่มองเห็นได้ของเปลือกผลทุเรียน ซึ่งเป็นการตรวจสอบแบบไม่ต้องทำลายผลทุเรียน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ตัวอย่างทดสอบ

ใช้ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง จากสวนทุเรียนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ทำเครื่องหมายที่ช่อดอกหลังผสมเกสรเพื่อบันทึกอายุวันหลังดอกบาน (days after anthesis; DAA) สุ่มเก็บผลทุเรียนที่อายุผล 106 113 120 127 134 DAA ช่วงอายุละ 25 ผล รวมทั้งหมดจำนวน 125 ผล แล้วขนส่งจากสวนโดยตรงสู่ปรังอากาศ มาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 1 คืนก่อนทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง

2.2 การวัดค่าการดูดกลืนแสง

ผลทุเรียนที่แก่จัด สีที่ปลายหนามจะออกสีน้ำตาลเข้ม สีผลด้านบนจะมันและแห้ง ร่องพูเป็นสีน้ำตาล (Sripanich, 2011) ซึ่งการที่สีที่เปลือกมีการเปลี่ยนแปลงเป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสุก-แก่

นำผลทุเรียนมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนแสง (USB2000 OCEAN OPTIC) ดังแสดงใน Figure 1 ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดไฟฮาโลเจน 150 W ไฟเบอร์ออปติกและเลนส์ (QP1000-2-UV/VIS) ตัวรับสัญญาณและแปลงสัญญาณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยวัดที่ช่วงความยาวคลื่น 350-750 nm ที่บริเวณเปลือกกลางพูเอก และพูรองอีกสองพูๆ ละสามจุด รวมทั้งหมด 9 จุดต่อผล โดยก่อนทำการวัดแต่ละช่วงอายุ จะต้องทำการวัดแท่งเทปลอนสีขาว (R_λ) และสีดำ (D_λ) ซึ่งใช้เป็นค่าในการคำนวณสัญญาณที่วัดได้จากค่า

สะท้อนแสงเป็นค่าการดูดกลืนแสง (absorbance spectra; A_λ) โดยสมการ (1) จากคู่มือเครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนแสง (USB2000 OCEAN OPTIC)

$$A_\lambda = -\log_{10} \left(\frac{S_\lambda - D_\lambda}{R_\lambda - D_\lambda} \right) \quad (1)$$

โดยที่ S_λ = Sample intensity at wavelength λ

D_λ = Dark intensity at wavelength λ

R_λ = Reference intensity at wavelength λ

2.3 การวัดค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (Percent dry matter; %DM) ได้จากนำเนื้อทุเรียนจากกลางพูของทุกๆ พูเพื่อเป็นตัวแทนของทั้งผลมาสับให้ละเอียด จำนวน 20 g ต่อผล นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 48 h หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ (Sangwanangkul et al., 2000) แล้วคำนวณหาค่า %DM โดยสมการ (2)

$$\%DM = \left(\frac{w_1}{w_2} \right) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ w_1 = น้ำหนักเนื้อทุเรียนก่อนอบ (g)

w_2 = น้ำหนักเนื้อทุเรียนหลังอบ (g)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแบ่งกลุ่มช่วงอายุ

นำข้อมูลกลุ่มทุเรียน และค่าการดูดกลืนแสงที่เปลือก (A_λ) ของผลทุเรียน มาวิเคราะห์สร้างโมเดลจำแนกกลุ่ม โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นตัวแปรอิสระ และกลุ่มทุเรียนเป็นตัวแปรตาม ด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis; DA) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5 (SPSS Inc., Chicago, USA) ในการวิเคราะห์จะเรียงลำดับ %DM ของตัวอย่างในแต่ละกลุ่มช่วงอายุ DAA จากนั้นน้อยไปมากและแบ่งตัวอย่างสลับกันออกเป็นกลุ่ม calibration และกลุ่ม validation ในอัตราส่วน 1:1 ทั้งนี้เพื่อให้ตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีการกระจายตัวของค่า %DM ใกล้เคียงกัน จากนั้นนำข้อมูลกลุ่ม calibration มาวิเคราะห์สร้างโมเดลทำนายแล้วนำโมเดลที่ได้มาทำนายจำแนกกลุ่มโดยใช้ข้อมูลกลุ่ม validation เพื่อทดสอบความแม่นยำของโมเดล ในการทำนายการจำแนกกลุ่ม

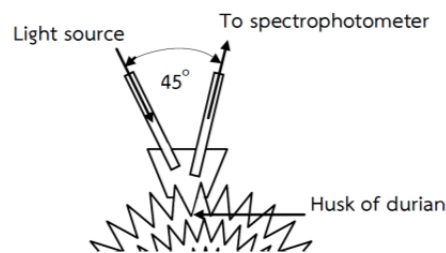


Figure 1 Schematic diagram of reflectance measurement of the husk of durian.

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

ผลการทดลองพบว่า %DM เพิ่มขึ้นตามอายุวันหลังดอกบาน ที่มากขึ้นดัง Figure 2 สอดคล้องกับ Siriphanich (2011) ยกเว้นที่อายุ 127 DAA กลับมีค่าเฉลี่ย %DM ลดลงต่ำกว่าที่อายุ 120 DAA มีสาเหตุอาจเนื่องมาจากในช่วงเก็บเกี่ยวมีฝนตกชุกมากทำให้มีความชื้นสูง ในขณะที่ช่วงอายุ 134 DAA ค่าเฉลี่ย %DM เท่ากับ 33.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของผลทุเรียนแก่ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

3.2 ค่าสมบัติการดูดกลืนแสง

ผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง (A_λ) ที่เปลือกผลทุเรียนอายุ 106 113 120 127 และ 134 DAA ที่ช่วงความยาวคลื่น 350 – 750 nm (ที่ค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดเท่ากับ 0.37 nm) ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

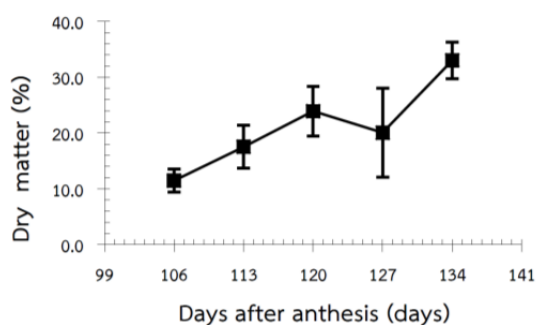


Figure 2 Change in dry matter percentage of durian flesh with number of days after anthesis (error bars represent standard deviations).

ตามอายุวันหลังดอกบาน (Figure 3) 5 ช่วงอายุตั้งแต่ 106 113 120 127 และ 134 DAA สอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Timkhum and Terdwongworakul (2012) ที่ ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสงที่ปลายหนามของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองเรียง

ตามอายุ DAA ที่ 4 ช่วงอายุคือ 113 120 127 และ 134 DAA การดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นขณะทุเรียนมีอายุมากขึ้นแสดงว่าสีทุเรียนมีความสว่างน้อยลงทำให้สะท้อนแสงน้อยลงหรือดูดกลืนแสงมากขึ้น

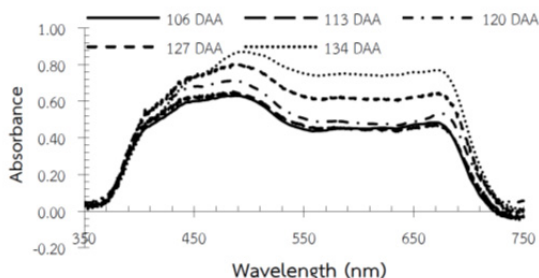


Figure 3 Absorbance of durian husk at different maturity stages represented by days after anthesis (DAA).

3.3 การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม

ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มแบบ DA โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม calibration (n=65) และ กลุ่ม validation (n=60) (Table 1) ใช้ค่าเฉลี่ยของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่เปลือกผลทุเรียนเรียงลำดับจากน้อยไปมากตาม %DM ของแต่ละช่วงอายุ DAA ความยาวคลื่นที่สำคัญได้แก่ ความยาวคลื่นที่ตรงกับช่วงการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ เอ (410, 662 nm) บี (453 nm) (Gross, 1987) ในการวิเคราะห์ช่วงความยาว

คลื่นช่วงแสงที่มองเห็นได้ที่ปลายหนามของผลทุเรียน (Timkhun and Terdwongworakul, 2012) ที่ช่วงความยาวคลื่น 402 และ 687 nm ถูกใช้เป็นตัวแปรทำนาย และ DAA เป็นตัวแปรกลุ่ม เลือกตัวแปรเข้าโมเดลด้วยวิธี stepwise ความสามารถในการทำนายกลุ่มทุเรียนของโมเดลได้ผลดัง Table 2 โดยสามารถทำนายทุเรียนที่ 5 ช่วงอายุคือ 106 113 120 127 และ 134 DAA ได้ถูกต้อง 66.7 58.3 100 91.7 และ 100% ตามลำดับ ความสามารถโดยรวมในการทำนายคือ 83.3% และจาก Figure 4 แสดงว่า function 1 ซึ่งอธิบายความแปรปรวนในข้อมูลได้ 75% ทำหน้าที่จำแนกทุเรียนกลุ่ม 134 DAA ออกจากทุเรียนกลุ่มที่เหลือได้ ส่วน function 2 ซึ่งอธิบายความแปรปรวนในข้อมูลได้ 22% มีส่วนร่วมในการจำแนกกลุ่มทุเรียนระหว่าง 106 113 120 127 DAA

4 สรุป

การจำแนกความสุก-แก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองแบบไม่ต้องทำลายผลทุเรียนด้วยสเปกโทรสโกปีช่วงแสงที่มองเห็นได้ของเปลือกผลทุเรียน โดยใช้สเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอ และบี ที่เปลือกผลทุเรียนด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำแนกกลุ่ม (DA) สามารถสร้างโมเดลทำนายอายุวันหลังดอกบานแบ่งออกเป็น 5 ช่วงอายุจาก 106 ถึง 134 DAA ได้ถูกต้อง 83.3%

Table 1 Percentage dry weight of durian fruit in calibration and validation sets.

DAA ^a (days)	Calibration (n=65)					Validation (n=60)				
	Min	Max	Mean	SD ^a	n ^a	Min	Max	Mean	SD ^a	n ^a
106	6.27	14.46	10.89	2.19	13	8.99	14.72	12.09	1.86	12
113	10.91	26.12	19.12	3.84	13	8.91	19.93	15.83	3.20	12
120	6.97	30.38	23.46	5.46	13	19.22	31.12	24.42	3.17	12
127	5.13	32.54	18.22	9.98	13	14.47	28.83	22.02	4.63	12
134	29.07	38.06	33.10	2.87	13	27.95	38.97	32.94	3.78	12
106-134	5.13	38.06	20.96	3.10	65	8.91	38.97	21.46	1.01	60

^aDAA=days after anthesis; n=number of durian; SD=standard deviation.

Table 2 Classification result.

Actual Maturity group	%Correct Classified	Predicted maturity Group					Total
		106	113	120	127	134	
106	66.7	8	4				12
113	58.3	4	7		1		12
120	100.0			12			12
127	91.7			1	11		12
134	100.0					12	12
Total	83.3						60

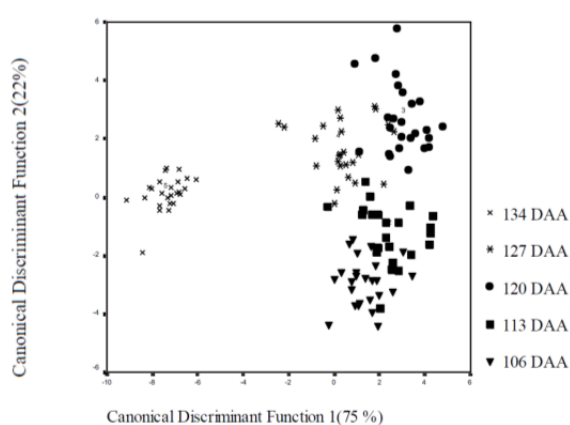


Figure 4 Scatter plots Canonical Discriminant functions.

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและเทคโนโลยี
หลังการเก็บเกี่ยวศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา น่าน ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. เอกสารสถิติการเกษตร
ของประเทศไทย ปี 2556. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2556.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2546.
มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, มกอช.3 – 2546.
- Gross, J. 1987. *Pigment in Fruits*. Academic Press Ltd.,
London. 260 pp.

Jha, S.N., Kingsly, A.R.P., Chopra, S. 2006. Non-destructive determination of firmness and yellowness of mango during growth and storage using visual spectroscopy. *Biosystems Engineering* 94(3), 397 - 402.

Jha, S.N., Chopra, S., Kingsly, A.R.P. 2007. Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango. *Journal of Food Engineering* 78(1), 22 - 26.

Kongrattanaprasert, W., Arunrungrusmi, S., Pungsiri, B., Chamnongthai, K., Okuda, M. 2001. Nondestructive maturity determination of durian by force vibration and ultrasonic. *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 9(6), 703 – 719.

Nearnsorn, N., Terdwongworakul, A. 2004. Maturity index of 'Montong' durian based on stem strength and acoustic frequency response. *Proceedings of Japan-Thailand Joint Symposium on Nondestructive Evaluation Technology*, 18 – 21 May 2004. Bangkok, Thailand.

Pathaveerat, S., Terdwongworakul, A., Phaungsombut, A. 2008. Multivariate data analysis for classification of pineapple maturity. *Journal of Food Engineering* 89(2), 112 – 118.

Pholpho, P., Pathaveerat, S., Srisomboon, P. 2011. Classification of longan fruit bruising using visible spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 104(1), 169 – 172.

Rutpralom, T., Kumhom, P., Chamnongthai, K. 2002.

Nondestructive maturity determination of durian by using microwave moisture sensing. IEEE International Conference on Industrial and Technology (ICIT), 11 – 14 December 2002. Bangkok, Thailand.

Sangwanangkul, P., Siriphanich, J. 2000. Growth and maturation of durian fruit cv. Monthong. Thai Journal of Agricultural Science 33(1-2), 75 – 82.

Siriphanich J. 2011. Durian (*Durio zibethinus Merr.*), In: Yahia, EM. (Ed.), Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruit. Cocona to mango, 3. Woodhead Publishing, UK.

Timkhum, P., Terdwongworakul, A. 2012. Non-destructive classification of durian maturity of 'Monthong' cultivar by means of visible spectroscopy of the spine. Journal of Food Engineering 112(4), 263 – 267.

Wanitchang, J., Terdwongworakul, A., Wanichng, J., Noypitak, S. 2010. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*, Journal of Food Engineering 100(3), 409 – 416.

Wanitchang, P., Terdwongworakul, A., Wanichng, J., Nakawajana, N. 2011. Non-destructive maturity classification of mango based on physical, mechanical and optical properties. Journal of Food Engineering 105(3), 477 – 484.