Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 393-396 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 393-396 (2553)

การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเพื่อคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วแบบไม่ทำลายโดยสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Discriminant Analysis for Nondestructive Separation of Translucent Flesh Mangosteen by Near Infrared Spectroscopy

สิรินาฏ น้อยพิทักษ์[1,2], **อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล**[1,2] **และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์**[1,2]
Sirinad Noypitak[1,2], Anupun Terdwongworakul[1,2] and Siwalak Pathaveerat[1,2]

Abstract

This study was aimed to investigate a technique to separate translucent flesh mangosteen from normal flesh mangosteen by multivariate data analysis. In the study, two-hundred and twenty mangosteens were used consisting of 37 translucent flesh mangosteens and 183 normal mangosteens. All mangosteens were measured for specific gravity and absorbance spectra using FQA-Near Infrared (NIR) GUN in a range of 700-1100 nm in interactance mode at four points on equatorial line. The analyses were started by pretreating the spectra with second derivative, MSC and SNV and submitted to partial least squares discriminant analysis in order to select the wavelengths in which there were differences in absorbance between translucent flesh and normal mangosteens. Discriminant analyses using NIR spectrum at PLS-DA suggested wavelengths and the specific gravity gave classification accuracy of 84.8%

Key word: mangosteen, multivariate data analysis, near infrared spectroscopy, translucency

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาเทคนิคการคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วออกจากมังคุดปกติ โดยวิธีวิเคราะห์แบบตัวแปรพหุคูณ ในการวิจัยใช้การสุ่มผลมังคุดสำหรับการทดลอง จำนวน 220 ผล (มังคุดเนื้อแก้ว 37 ผล และมังคุดปกติ 183 ผล) นำผลมังคุดทั้งหมดวัดค่าความถ่วงจำเพาะ และวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIR Spectrophotometer แบบพกพา (FQA-NIR GUN) ช่วงคลื่น 700-1100 nm แบบ Interactance ที่จุดกึ่งกลางด้านข้างของแต่ละผลบนแนวเส้นอีแควเตอร์ (equatorial line) ในแนวตั้งฉากกันรอบผล จำนวน 4 ด้าน ในการวิเคราะห์เริ่มจาก ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี 2D, MSC และ SNV แล้วใช้เทคนิค Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) เพื่อเลือกความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงที่แตกต่างกันระหว่างมังคุดเนื้อแก้วและมังคุดปกติ แล้ววิเคราะห์การจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant Analysis โดยใช้ตัวแปรจำแนกกลุ่ม คือ ความยาวคลื่นที่เลือกมาจากการทำ PLS-DA และค่าความถ่วงจำเพาะ (SG) พบว่าให้ผลความถูกต้องในการจัดกลุ่มดีที่สุด 84.8%

คำสำคัญ มังคุด, วิธีวิเคราะห์แบบตัวแปรพหุคูณ, สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้, เนื้อแก้ว

คำนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana L.)* เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงในการส่งออก มีรสชาติดี จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ จนได้รับสมญานามว่า เป็นราชินีของผลไม้เมืองร้อน ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกมังคุดรายหลักของโลก ในปี 2550 ประเทศไทยส่งออกมังคุดผลสดและมังคุดแช่แข็งคิดเป็นมูลค่ารวม 744 ล้านบาท หรือประมาณ 44,271 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) แต่ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่สามารถส่งมอบมังคุดที่มีคุณภาพ ปราศจากอาการเนื้อแก้ว ยางไหล และเปลือกแข็ง ได้ตามปริมาณที่ตลาดต่างประเทศต้องการ

ถึงแม้ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาวิธีการคัดแยกคุณภาพของผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วออกจากมังคุดเนื้อปกติหลายวิธี ได้แก่ การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของผล (ธนะชัย, 2534) การวัดทางไฟฟ้า (ชูศักดิ์ และคณะ, 2543) และการวัดการถ่ายเทความร้อนในเปลือก (ปาริชาติ, 2550) ซึ่งแต่ละเทคนิคก็ยังมีข้อจำกัดต่างกันไป การใช้ความยาวคลื่นสั้นใกล้อินฟราเรดแบบทะลุผ่าน (Teerachaichayut et al., 2007) มีความแม่นยำในการคัดแยกสูงสุดแต่เครื่องมือมีราคาสูง ในปัจจุบันมีการ

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

ประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆ ร่วมกับการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis) (Fu et al., 2007) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบคุณภาพภายในผลมังคุดให้สูงขึ้น

การทำวิจัยนี้ใช้เทคนิค NIRS วัดด้วยเครื่องมือที่ราคาไม่สูงมากร่วมกับการวัดค่าความถ่วงจำเพาะของผล และการวิเคราะห์แบบ Discriminant analysis เพื่อจำแนกคุณภาพภายในผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและเนื้อปกติโดยไม่ทำลาย สะดวกต่อการพกพา รวดเร็วและง่ายต่อการใช้งาน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่างผลมังคุดจำนวน 220 ผล ซึ่งมีขนาดและผิวสำหรับการส่งออก โดยนำผลมังคุดที่ซื้อจากตลาดสดองค์การตลาดเพื่อการเกษตรมาเก็บรักษาไว้ในห้องทดลอง โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 วันก่อนทำการวัดด้วยเครื่อง NIR spectrophotometer (FQA-NIRGUN; FANTEC Research Institute, Kosai, Japan) ดัง Figure 1a แล้วทำการชั่งน้ำหนักผล ทั้งในน้ำและในอากาศเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุด

นำผลมังคุดมาวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIR spectrophotometer ที่ค่า Integration time 150 ms โดยวิธีการดูดกลืนของแสงแบบ Interactance ช่วงความยาวคลื่น 700-1100 nm. ที่จุดกึ่งกลางด้านข้างของแต่ละผลบนแนวเส้นอีแควเตอร์ (Equatorial line) 4 จุด จุดละ 3 ครั้ง ในแนวตั้งฉากกันรอบผล ดัง Figure 1b และนำค่าเฉลี่ยไปวิเคราะห์ผล

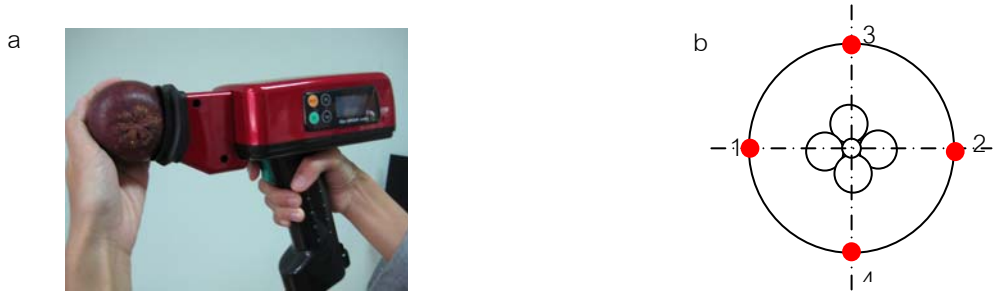


Figure 1 Measurement mangosteen using FQA-NIRGUN

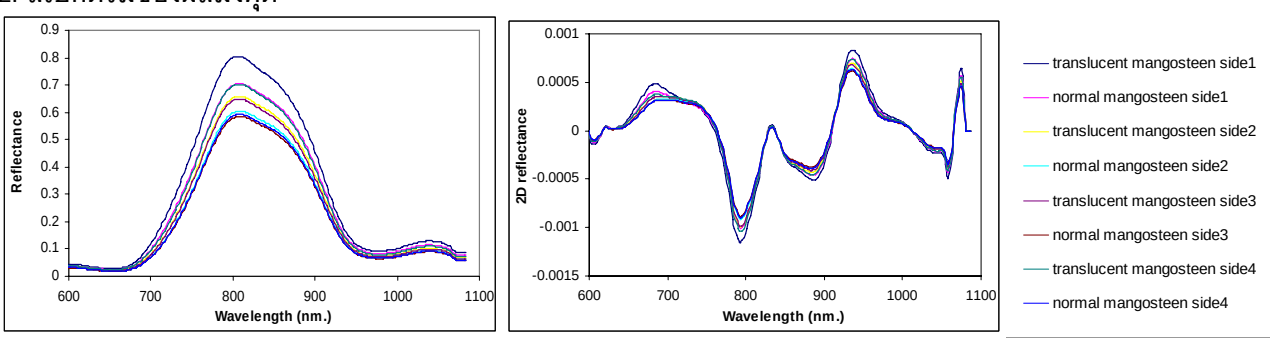
การวิเคราะห์เริ่มจาก ใช้โปรแกรม Unscrambler version 9.7 ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Second derivative (2D), MSC และ SNV เพื่อลดผลกระทบจากการกระเจิงแสง แล้วใช้เทคนิค Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) เพื่อเลือกความยาวคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับการแบ่งกลุ่มมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและเนื้อปกติ แล้ววิเคราะห์การจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant Analysis โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5

ผล

1. ความถ่วงจำเพาะของผลมังคุด

จากการทดลองวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity, SG) ของผลมังคุด พบว่า มังคุดปกติมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.961 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.033 มังคุดเนื้อแก้วมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.985 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.030 เมื่อนำค่าความถ่วงจำเพาะมาทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของมังคุดเนื้อปกติกับมังคุดเนื้อแก้วมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. สเปกตรัมของผลมังคุด



(a) Original Spectrum (b) Second derivative spectrum

Figure 2 Averaged spectrum of each side of normal mangosteens and translucent flesh mangosteens

ลักษณะสเปกตรัมการสะท้อนแสงเฉลี่ยแต่ละด้านของมังคุดทั้ง 220 ผล แสดงไว้ใน Figure 2 พบว่าในภาพรวมตลอดช่วงสเปกตรัมการสะท้อนแสงของผลมังคุดแต่ละด้านที่มีอาการเนื้อแก้วมีค่าสูงกว่ามังคุดเนื้อปกติจึงน่าจะเป็นไปได้ที่จะใช้ NIR-GUN ในการคัดมังคุดเนื้อปกติออกจากมังคุดเนื้อแก้ว

3. การวิเคราะห์ผล

เมื่อนำข้อมูลสเปกตรัม NIR ของเปลือกมังคุดด้านที่ 1, ด้านที่ 2, ด้านที่ 3, ด้านที่ 4, และค่าเฉลี่ยของทุกด้าน จำนวน 220 ผล เป็นตัวแปรจำแนกกลุ่ม แล้วทำการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant Analysis ดังนี้

1. วิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรจำแนกกลุ่มคือ ข้อมูลการดูดกลืนแสงของเปลือกมังคุดทั้งช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 700-1100 nm. พบว่า ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มอยู่ในช่วงระหว่าง 81.3 - 83.9% ซึ่งวิธีการปรับแต่งสเปกตรัมที่ดีที่สุดคือ วิธี MSC ซึ่งให้ค่าการจำแนกดีที่สุด 83.9% ในทุกด้าน ยกเว้นด้านที่ 2 ดังแสดงใน Table 1

Table1 Classification of normal flesh and translucent flesh mangosteen using discriminant analysis and leave-out-cross-validation based on full NIR spectra at each site on the fruit.

Pretreatment	NIR range (nm.)	% Classification by side of mangosteens				
		1	2	3	4	av
Absorbance	700 -1100	83.90%	83.40%	83.90%	83.90%	81.30%
2D absorbance	700 -1100	83.40%	82.50%	83.90%	83.90%	83.40%
MSC absorbance	700 -1100	83.90%	83.40%	83.90%	83.90%	83.70%
SNV absorbance	700 -1100	83.40%	83.90%	83.90%	83.40%	82.90%

ในการวิเคราะห์โดยใช้สเปกตรัม NIR ตลอดช่วงการวัดให้ผลที่ดี อย่างไรก็ตามการลดจำนวนตัวแปรอิสระสำหรับแยกกลุ่มลงจะทำให้การพัฒนาเครื่องมือในอนาคตมีราคาถูกลงจึงใช้เทคนิค PLS-DA ในการเลือกความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสง ที่แตกต่างกันระหว่างมังคุดปกติและเนื้อแก้ว โดยเลือกความยาวคลื่นที่มีค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสูง

หลังจากปรับแต่ง original spectrum ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์นั่นคือ Second Derivative, MSC และ SNV แล้วจึงนำเทคนิค Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) ซึ่งเป็นวิธีการจำแนกกลุ่มมาใช้ ผลจากกราฟ score plot ที่แสดงการกระจายของตัวอย่างตามค่า Principal Component 1 (PC1) และ2 (PC2) พบว่ายังไม่สามารถจำแนกกลุ่มมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว (แทนด้วย 1) ออกจากมังคุดปกติ (แทนด้วย 0) ได้ ดังแสดงใน Figure 3a จึงนำข้อมูลสเปกตรัมทั้งสี่ด้านของมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วและเนื้อปกติมาเฉลี่ย แล้วทำ PLS-DA อีกครั้ง พบว่าสามารถจำแนกกลุ่มมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วออกจากมังคุดปกติได้ดัง Figure 3b

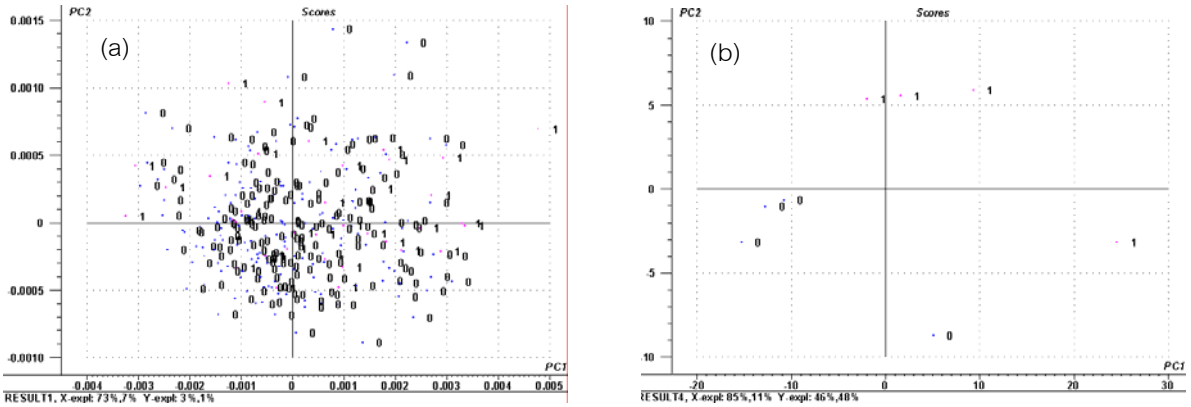


Figure 3 Score plot between PC1 and PC2 based on 2D reflectance of mangosteen (a) showing all samples (b) each pointrepresents average of all sample for each side (normal mangosteen = 0 and translucent flesh = 1)

2. วิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรจำแนกกลุ่มคือ ความยาวคลื่นที่เลือกมาจากการทำ PLS-DA จากข้อมูลสเปกตรัมเดิมและ การปรับแต่งทั้ง 3 วิธี พบว่า ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มอยู่ในช่วงระหว่าง 82.0 - 83.9% โดยข้อมูลสเปกตรัมเดิม ที่ช่วงความยาวคลื่น 708 และ 880 nm. ให้ค่าการจำแนกที่ดีที่สุด 83.9% ในทุกด้าน ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Classification of normal flesh and translucent flesh mangosteen using discriminant analysis and leave-out-cross-validation based on PLS-DA-selected wavelength NIR spectra

Pretreatment	NIR range (nm.)	% Classification by side of mangosteens				
		1	2	3	4	av
Absorbance	708, 880	83.90%	83.90%	83.90%	83.90%	83.90%
2D absorbance	716, 752, 831,910,953,989,1022,1038,1058	82.00%	83.40%	83.90%	82.90%	82.90%
MSC absorbance	773, 915	83.90%	83.40%	83.90%	83.40%	83.90%
SNV absorbance	775, 917	83.90%	83.40%	83.90%	83.40%	83.90%

3. วิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรจำแนกกลุ่มคือ ความยาวคลื่นที่เลือกมาจากการทำ PLS-DA และค่าความถ่วงจำเพาะ (SG) พบว่า ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มอยู่ในช่วงระหว่าง 82.0 – 84.8% โดยวิธีการปรับแต่งสเปกตรัมด้วย วิธี Second derivative จากค่าสเปกตรัมทั้งผลเฉลี่ย ให้ค่าการจำแนกดีที่สุด 84.8% ดัง Table 3

Table 3 Classification of normal flesh and translucent flesh mangosteen using discriminant analysis and leave-out-cross-validation by the most informative wavelength and specific gravity

Pretreatment	Classifying variables	% Classification by side of mangosteens				
		1	2	3	4	av
Absorbance	SG, 708, 880	82.50%	83.40%	82.90%	83.40%	82.50%
2D absorbance	SG,716,752,831, 910,953,989,1022,1038,1058	83.90%	82.50%	82.00%	82.50%	84.80%
MSC absorbance	SG, 773, 915	82.50%	83.40%	82.90%	82.50%	82.90%
SNV absorbance	SG, 775, 917	82.90%	82.90%	82.90%	82.90%	82.90%

สรุป

จากการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant analysis จากข้อมูลการดูดกลืนแสงของเปลือกมังคุดทั้งช่วงความยาวคลื่นสามารถคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วจากมังคุดปกติได้ดี 83.9% ส่วนการจำแนกกลุ่มโดยความยาวคลื่นที่เลือกมาจากการทำ PLS-DA สามารถให้ผลการจำแนกที่ดี 83.9% ในทุกด้าน และเมื่อใช้จำแนกกลุ่มด้วยความยาวคลื่นที่เลือกมาจากการทำ PLS-DA ร่วมกับค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่าให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุด 84.8% ดังนั้นการใช้เทคนิค NIRS ร่วมกับการวัดค่าความถ่วงจำเพาะของผลจะให้ค่าการจำแนกมังคุดเนื้อแก้วจากมังคุดปกติได้ดีขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะทางวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวแปรสภาพและบรรจุภัณฑ์ไม้ผล สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาสนับสนุนงบประมาณวิจัย และขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่อนุเคราะห์เครื่อง NIR Spectrophotometer แบบพกพา

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล, สายัณห์ สดุดี, พรชัย พฤกษ์ภัทรานนท์ และ คณดิก เจษฎ์พัฒนานนท์. 2543. การพัฒนาและการตรวจจับอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลมังคุด. สาระไม้ผล ปีที่ 5 ฉบับที่ 4 สิงหาคม 2543.

ปาริชาติ ราชมณี. 2550. การศึกษาการตรวจสอบเนื้อแก้วในมังคุดโดยการวัดการถ่ายเทความร้อนในเปลือก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2534. การศึกษาวิธีการคัดคุณภาพของผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร. 2551. มังคุดสดแช่เย็นแช่แข็ง: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรรายเดือน. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/statistic/ export/1301Mug.xls, 1 ตุลาคม 2551.

Fu, X., Y. Ying, H. Lu and H.Xu. 2007. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear. Journal of Food Engineering 83: 317-323.

Teerachaichayut, S., K.Y. Kil, A. Terdwongworakul, W. Thanapase, W. Thanapase and Y. Nakanishi. 2007. Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy. Postharvest Biology and Technology 43: 202-206.