Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 369-372 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 369-372 (2553)

การคัดแยกเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านใกล้อินฟราเรด

Non-Destructive Classification Technique for Translucent and Gamboge Mangosteen by Near Infrared Spectroscopy

วารุณี ธนะแพสย์[1], สนธิสุข ธีระชัยชยุติ[2], อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล[3], ศุมาพร เกษมสำราญ[1], อาทิตย์ จันทร์หิรัญ[1], ศิรินนภา ศรัณย์วงศ์[4], สุมิโอะ คาวาโน[4], ยูกิ นิดตะ[5], คาซูเอกิ ชิจิฟูจิ[5] และ คาซูเอกิ คิจิ[5]

W. Thanapase[1], S. Teerachaichayut[2], A. Terdwongworakul[3], S. Kasemsumran[1], A. Janhiran[1], S. Saranwong[4], S. Kawano[4], K. Shigefuji[5], K. Kiji[5] and Y. Nitta[5]

Abstract

The classification system for translucent and gamboge mangosteens by near infrared (NIR) spectroscopy operating in transmittance mode (wavelength region: 700-955 nm) was established. Four types of instrument were developed as follows; 1) Type 1 instrument has 2 lamps (40 W and 80 W) and 12 spectra were taken during 360 degree rotation. 2) Type 2 instrument has 1 lamp (50 W) and 8 spectra were taken during 360 degree rotation. 3) Type 3 instrument has 4 lamps (30 W) and 8 spectra were taken during 45 degree rotation. 4) Type 4 instrument has 1 lamp (100 W) and 8 spectra were taken during 360 degree rotation. Among 5,841 mangosteen samples were measured by Type 1, to Type 4 instruments. Partial Least Squares (PLS) regression used for a discriminant analysis using leave-one-out cross validation. The best classification obtained from Type 4 with higher accuracy. The discriminant analysis between translucent and normal sample could provide 88 % and 92 % sensitivity for translucent and normal fruit, respectively. As for gamboge and normal fruit, the sensitivity of 76 % (gamboges) and 86 % (normal) could be obtained. This study demonstrated that NIR spectroscopy can be used to separate translucent and gamboge mangosteens from normal ones.

Key word: mangosteen, NIRS, spectra

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้ว และยางไหลออกจากผลมังคุดดี ด้วยการใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น โดยใช้วิธีแบบทะลุผ่าน ในช่วงความยาวคลื่น 700-955 นาโนเมตร มี 4 แบบ คือ 1) Type 1 ใช้หลอดไฟกำลัง 40 วัตต์ 1 หลอด และ 80 วัตต์ 1 หลอด วัดรอบตัวอย่าง 12 จุด (360°) 2) Type 2 ใช้หลอดไฟกำลัง 50 วัตต์ 1 หลอด วัดรอบตัวอย่าง 8 จุด (360°) 3) Type 3 ใช้หลอดไฟกำลัง 30 วัตต์ 4 หลอด วัดรอบตัวอย่าง 8 จุด (45°) 4) Type 4 ใช้หลอดไฟกำลัง 100 วัตต์ วัดรอบตัวอย่าง 8 จุด (360°) ใช้ตัวอย่างผลมังคุดทั้งหมด 5,841 ลูก จากนั้นสร้างสมการคัดแยกด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) พบว่า แบบ Type 4 สามารถคัดแยกมังคุดได้ดีที่สุด คือ แยกเนื้อแก้วถูกต้อง 88 % และเนื้อดีได้ถูกต้อง 92 % และสามารถคัดแยกระหว่างที่เป็นยางไหลถูกต้อง 76 % และเนื้อดีได้ถูกต้อง 86 % จากผลที่ได้ของการศึกษาจะเห็นได้ว่าเทคนิคการใช้ช่วงความยาวคลื่นสั้นย่านใกล้อินฟราเรดแบบทะลุผ่านมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายมังคุดเนื้อดี เนื้อแก้ว และยางไหลแบบไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำ

คำสำคัญ มังคุด, แสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น, สเปกตรัม

[1] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University
[2] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] Faculty of Agricultural Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[3] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
[3] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhonpathom 73140, Thailand
[4] Nondestructive Evaluation Laboratory, National Food Research Institute, JAPAN
[5] SAIKA Technological Institute Foundation, 75-2 Kuroda, Wakayama-city, Japan

คำนำ

ปัจจุบันภาครัฐได้จัดให้มังคุดเป็นผลไม้สำคัญในการส่งออก แต่เนื่องจากมังคุดมักจะมีปัญหาเนื้อแก้วและยางไหลเสมอ ซึ่งเป็นปัญหาด้านคุณภาพ ไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้า และไม่สามารถคัดแยกมังคุดได้ด้วยตาเปล่า ปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีที่จะคัดแยกมังคุดที่เป็นเนื้อแก้วและยางไหลที่มีประสิทธิภาพเชิงการค้า จึงเป็นเหตุให้ในการส่งออกมีมังคุดเนื้อแก้วและยางไหลปนไปกับมังคุดดี สร้างปัญหาให้กับตลาดสินค้ามังคุดที่ส่งไปต่างประเทศเป็นอย่างมาก เทคนิคสเปคโตรสโคปีด้วยแสงย่านใกล้อินฟาเรด (Near Infrared Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่มีการนำมาประยุกต์ใช้กับการหาสมบัติภายในของผลไม้โดยไม่ทำลายอย่างกว้างขวาง เช่น การหาปริมาณน้ำหนักแห้งและปริมาณแป้งในผลมะม่วงก่อนการเก็บเกี่ยว (Saranwong, 2003) หาปริมาณสารที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดภายในผลส้มหลังการเก็บเกี่ยว (McGlone, 2003) ดังนั้นเทคนิคนี้จึงน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้ในการตรวจสอบเนื้อแก้วและยางไหลภายในผลมังคุดได้ การทราบกลไกนี้จะช่วยให้สามารถประยุกต์ออกแบบเครื่องมือคัดแยกผลมังคุดเนื้อแก้วและยางไหลออกจากมังคุดดีแบบไม่ทำลายได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ได้แก่ เกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออกผลไม้ และธุรกิจการส่งออกมังคุดของประเทศไทย ตลอดจนการจำหน่ายผลผลิตมังคุดแก่ผู้บริโภคในประเทศไทยด้วย วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างผลมังคุดเนื้อแก้ว และยางไหลกับการดูดกลืนแสงในย่านอินฟราเรด และเพื่อให้ได้เทคนิคสำหรับสร้างเครื่องคัดแยกผลมังคุดดีออกจากมังคุดเนื้อแก้วและยางไหล

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกมังคุดจำนวน 5,841 ผล ที่มีลักษณะดี มีระดับการสุก 3 4 และ 5 (ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว, ม.ป.ป.) มาทำการปรับอุณหภูมิก่อนการวัดที่อุณหภูมิระดับ 25 C° เป็นเวลา 1 วัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิระหว่างการวัด จากนั้นทำการตรวจวัดผลมังคุดแต่ละตัวอย่างเพื่อให้ได้สเปกตรัมโดยทำการวัดตัวอย่างตามลักษณะ Type 1 ถึง Type 4 (Table 1) รอบด้านของแต่ละผลด้วยเครื่องแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น (Figure 1) เครื่องที่ใช้วัดดังกล่าวผลิตโดย SAIKA Technological Institute Foundation ประเทศญี่ปุ่น ชนิดทะลุผ่าน และวัดในช่วงความยาวคลื่น 700-955 nm ใช้ซิลิกอนเป็นตัวเซ็นเซอร์ในการรับสัญญาณ ใช้หลอดไฟชนิดทังสเตนบรรจุก๊าซฮาโลเจนเป็นต้นกำเนิดแสง จากนั้นนำมังคุดแต่ละผลที่วัดค่าสเปกตรัมแล้ว มาผ่าออกเพื่อตรวจสอบเนื้อแก้วและยางไหลของแต่ละผลและสร้างสมการการคัดแยกสเปกตรัมระหว่างเนื้อดี เนื้อแก้ว และเนื้อยางไหล ด้วยโปรแกรม Unscrambler 9.8 เพื่อดูความแม่นยำของสมการปรับเทียบ (calibration) สุดท้ายจะนำผลที่ได้ในแต่ละ type มาปรับปรุงการสร้างเครื่องคัดแยกมังคุดแบบ on line sorting machine

Table 1 Characteristics of the mangosteen sorting machine developed in Phase 2 project.

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Lamp number	2	1	4	1
Lamp intensity	40/80 W/	50 W	30 W	100 W
Lamp angle*	45 degree	60 degree	75 degree	75 degree
Sample rotation	360° or more calyx point forward	360°, calyx point up	45°, calyx point up	360°, calyx point up
Number of scan/samples	12 times	8 times	8 times	8 times
Integral time	100 msec	100 msec	200 msec	200 msec

*Indicated the angle compared with the line perpendicular to the sorting line., /Calyx side lamp: 80W; No-calyx side lamp: 40W

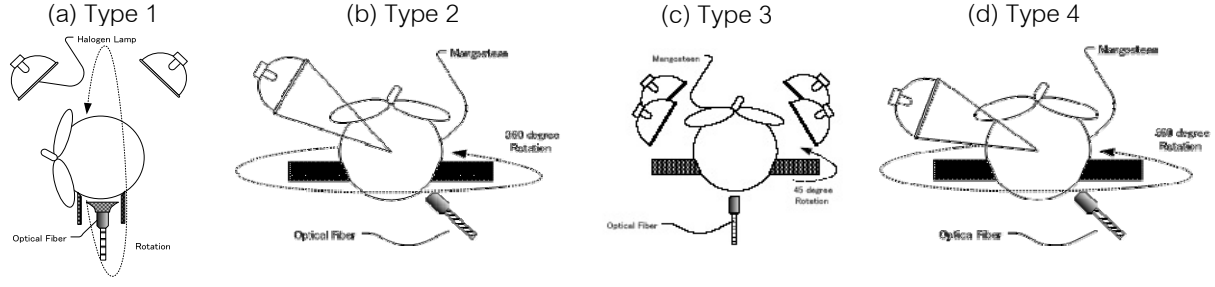

Figure 1 The online near infrared (NIR) instruments developed under the Phase 2 collaborative research on mangosteens.

ผล

จาก Figure 2 วิธีการสร้างสมการการคัดแยกสเปกตรัมระหว่างเนื้อดี เนื้อแก้ว และเนื้อยางไหล โดยเลือกสเปกตรัมเดี่ยว 1 สเปกตรัมที่ No. 6 มีอาการยางไหลซึ่งเป็นบริเวณที่แสดงอาการอย่างชัดเจนทั้งหมด 8 สเปกตรัม เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสเปกตรัมเฉพาะเนื้อดี, เนื้อแก้ว และเนื้อยางไหล มาปรับปรุงในการสร้างสมการคัดแยกที่ดี

จากการทดลอง Type 4 สามารถคัดแยกมังคุดได้ดีที่สุด คือ แยกเนื้อแก้วถูกต้อง 88 % และเนื้อดีได้ถูกต้อง 92 % และสามารถคัดแยกเนื้อยางไหลถูกต้อง 76 % และเนื้อดีได้ถูกต้อง 86 % (Table 2)

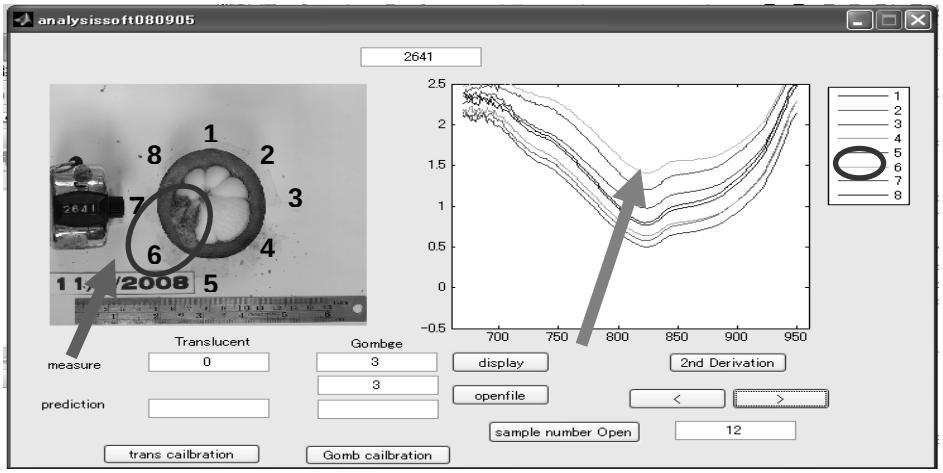

Figure 2 The software program was used for detect spectrum of the defective fruit position. The spectrum of Portion 6 was selected for developing gamboge classification equation.

Table 2 Percent corrected values for mangosteen classification using average spectra acquired by Type 1 to Type 4 instruments.

Instrument	Disorder	Spectral pretreatment	Normal	Disorder
Type 1	Translucent	-	43/50 (86%)	40/50 (80%)
	Gamboge	Second derivative	42/50 (82%)	37/50 (74%)
Type 2	Translucent	-	38/50 (76%)	39/50 (78%)
	Gamboge	Second derivative	35/50 (70%)	35/50 (70%)
*Type 3	Translucent	-	43/50 (86%)	46/50 (92%)
	Gamboge	Second derivative	33/50 (66%)	35/50 (70%)
*Type 4	Translucent	-	46/50 (92%)	44/50 (88%)
	Gamboge	Second derivative	43/50 (86%)	38/50 (76%)

*Maturity stage: Stage 4 and 5; Disorder level: Level 2-3 for Translucent; Level 2-4 for Gamboge

จาก Table 3 เป็นการแบ่งพื้นที่ระดับความเสียหายของเนื้อมังคุด โดยเปรียบเทียบระดับความเสียหายต่างๆ ที่เกิดจากเนื้อแก้ว และยางไหล เพื่อดูความแม่นยำที่เกิดจากสมการคัดแยก พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจะผันแปรตามระดับความเสียหาย การสร้างสมการเพื่อใช้ในการคัดแยก (Figure 4) ทำได้โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างของมังคุดออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ มังคุดเนื้อดี เนื้อแก้ว และยางไหล จากนั้นสร้างสมการการคัดแยก 2 สมการ ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) กำหนดให้ “0” (มังคุดเนื้อดี) และ “1” (เนื้อแก้วกับยางไหล) และทำการประเมินสมการด้วยวิธี cross validation โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อดูความแม่นยำของสมการปรับเทียบ (calibration) ซึ่งเริ่มต้นการคัดแยกที่ Threshold =0.5 (Figure 3a) จะได้มังคุดเนื้อดีมากขึ้น (248 ลูก) แต่มีเนื้อแก้วและยางไหลปะปนมาจำนวนมากด้วย (54 ลูก) หากเลือก Threshold = 0.3 (Figure 3b) ก็จะได้มังคุดเนื้อดีน้อยลง (210 ลูก) และมีเนื้อแก้วและยางไหลปะปนมาจำนวนน้อยลง (19 ลูก) เพื่อให้เนื้อแก้วและยางไหลปะปนมากับเนื้อดีน้อยที่สุด

Table 3 Percent corrected values for mangosteen classification using individual spectra acquired by Type 4 instrument. Calibration equations were developed for each level of disorder.

Level		Disorder area	Normal	Disorder
Tranlucent	1	Unclear	33/46 (72%)	31/46 (67%)
	2	10-40%	81/100 (81%)	79/100 (79%)
	3	50-100%	13/13 (100%)	13/13 (100%)
Gamboge	1	Unclear	12/22 (55%)	14/22 (64%)
	2	Middle or less than 10%	60/98 (61%)	67/98 (68%)
	3	10-40%	28/34 (82%)	30/34 (88%)
	4	50-100%	5/5 (100%)	5/5 (100%)

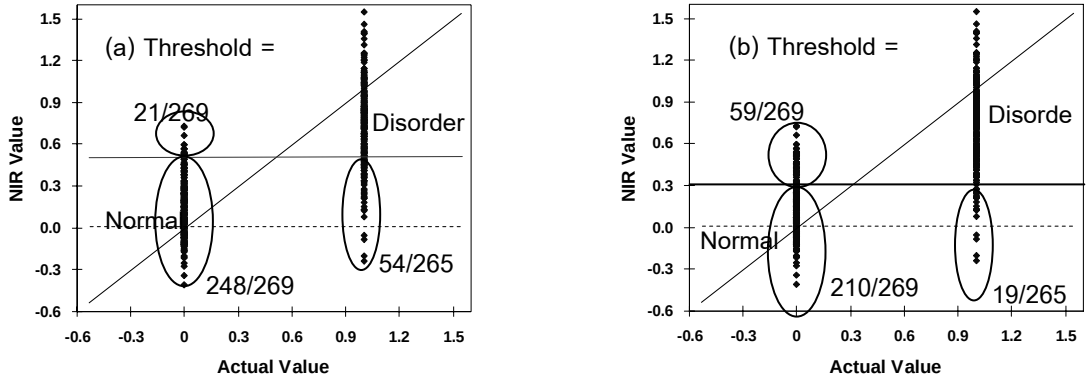

Figure 3 The classification results of an independent prediction set using the TG equation and two levels of threshold; (a) Threshold = 0.5; (b) Threshold = 0.3

วิจารณ์และสรุป

ผลที่ได้จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าเทคนิคการใช้ช่วงความยาวคลื่นสั้นย่านใกล้อินฟราเรด แบบทะลุผ่านมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายความถูกต้องของการแบ่งกลุ่มระหว่างมังคุดเนื้อดี ยางไหล และเนื้อแก้วแบบไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) Japan ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย ซึ่งภายใต้การประสานงานของ Society for Techno-innovation of Agriculture, Forestry and Fisheries (STAFF)

เอกสารอ้างอิง

ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว. ม.ป.ป. ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

McGlone, A. V. 2003. Internal quality assessment of mandarin fruit by vis/NIR spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 11(5): 323-332.

Saranwong, S. 2003. On-tree evaluation of harvesting quality of mango fruit using a hand-held NIR instrument. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 11(4): 283-293.