Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 143-146 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 143-146 (2554)

ความเป็นไปได้ในการคัดแยกผลมังคุดเปลือกแข็งแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปร

Possibility of Non-destructive Sorting of Mangosteen Fruit with Hard Pericarp Using Multivariate Analysis Technique

สนธิสุข ธีระชัยชยุติ[1], **อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล**[2], **วารุณี ธนะแพสย์**[3] **และ ขนิษฐา แสงแก้ว**[1]
Sontisuk Teerachaichayut[1], Anupun Terdwongworakul[2], Warunee Thanapase[3] and Khanittha Saengkaew[1]

Abstract

Pericarp hardening In mangosteen fruit is one of the quality problems affecting customer's satisfaction. Visual inspection can not be used to detect mangosteen fruit with hard pericarp. Absorbance in mangosteen fruit by transmittance near-infrared spectroscopy was studied. The most informative wavelength for discrimination was 717 nm. Therefore, weight, dimensions and transmittance absorbance at 717 nm were used to nondestructively evaluate pericarp hardening. The multiple parameters of 640 samples (320 sound samples and 320 samples with hard pericarp) were acquired for analysis in this research. Pericarp hardness of each sample was used to classify groups measured by hand-held penetrometer. The accuracy of classification by leave-one-out cross validation from Fisher's discriminant equation was 80.8%. Therefore, multivariate analysis is feasible to predict pericarp hardening in mangosteen fruit.

Keywords: mangosteen, pericarp hardening, non-destructive and discrimination

บทคัดย่อ

เปลือกแข็งภายในผลมังคุดเป็นปัญหาคุณภาพหนึ่งที่มีผลต่อการความพึงพอใจของลูกค้า การคัดแยกมังคุดเปลือกแข็งไม่สามารถดำเนินการได้จากการดูลักษณะภายนอก เทคนิคการวิเคราะห์การดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดแบบทะลุผ่าน ถูกนำมาศึกษากับผลมังคุด ได้ความคลื่นที่เหมาะสมที่สุดในการคัดแยกคือ 717 นาโนเมตร ดังนั้น น้ำหนักผล ขนาดของผล และค่าการดูดกลืนพลังงานที่ความยาวคลื่น 717 นาโนเมตร ถูกนำมาใช้พิจารณาเพื่อการประเมินมังคุดเปลือกแข็งแบบไม่ทำลาย ข้อมูลหลายตัวแปรที่วัดจากมังคุดจำนวน 640 ตัวอย่าง (มังคุดปกติ 320 ตัวอย่างและมังคุดเปลือกแข็ง 320 ตัวอย่าง) ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ ความแข็งของเปลือกของแต่ละผลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแยกกลุ่มวัดได้จาก hand –held penetrometer ได้ผลวิเคราะห์ความถูกต้องในการคัดแยกด้วยวิธี leave-one-out cross validation จากสมการสำหรับคัดแยกกลุ่มของ Fisher เท่ากับ 80.8% กล่าวได้ว่าการใช้เทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปร มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายมังคุดเปลือกแข็ง

คำสำคัญ: มังคุด, เปลือกแข็ง, แบบไม่ทำลาย และ การคัดแยก

คำนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อการส่งออก เนื่องจากยังคงพบปัญหาด้านคุณภาพที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพภายในที่ไม่สามารถคัดแยกได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่ มังคุดเนื้อแก้ว มังคุดยางไหล และมังคุดเปลือกแข็ง การเกิดอาการเปลือกแข็งในมังคุด อาจเกิดที่บริเวณเปลือกบางส่วน หรือทั่วบริเวณก็ได้ โดยเปลือกจะมีลักษณะแข็งทำให้ปอกผลได้ยาก และอาจมีผลทำให้เนื้อภายในเน่าเสียได้ อาการเปลือกแข็งมีสาเหตุสำคัญมาจากการตกกระทบระหว่างการเก็บเกี่ยวหรือการกดทับระหว่างการขนส่ง (เกียรติเกษตร และดารา , 2532) การที่เปลือกได้รับแรงจะทำให้มีปริมาณสารลิกนินที่เพิ่มขึ้นและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลง ส่งผลทำให้เปลือกมังคุดแข็งตัวขึ้น (Ketsa and Koolpluksee, 1993) การคัดแยกมังคุดเปลือกแข็งด้วยวิธีแบบไม่ทำลาย (non-

[1]คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520
[1]Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม 73140
[2] Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakornpathom 73140
[3]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900
[3]Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok 10900

destructive method) จึงมีความต้องการ เพื่อจะควบคุมคุณภาพของมังคุดเพื่อตอบสนองความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าและส่งเสริมการส่งออก

มีงานวิจัยที่นำเทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปรมาใช้ในการประเมินความสุกของสับปะรดแบบไม่ทำลาย (Pathaveerat et al., 2008) และมีผลรายงานการวิจัยที่นำการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดมาใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพภายในผลมังคุดแบบไม่ทำลาย ได้แก่ การตรวจสอบอาการเนื้อแก้วในมังคุด (Teerachaichayut et al., 2007) และการประเมินความหวานของมังคุด (สนธิสุข และคณะ, 2551) โดยได้ผลการทำนายที่แม่นยำ ดังนั้น จึงได้ทำงานวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดและข้อมูลทางกายภาพที่สามารถวัดได้แบบไม่ทำลายมาใช้สำหรับการวิเคราะห์พหุตัวแปรในการคัดแยกมังคุดเปลือกแข็งออกจากมังคุดปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวัดตัวแปรต่าง ๆของผลมังคุดแบบไม่ทำลาย

งานวิจัยนี้เลือกใช้วัตถุดิบมังคุดที่มีวัย 4 ถึง 5 โดยพิจารณาจากระดับสีของผล (Palapol et al., 2009) โดยนำมังคุดที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน พฤษภาคม-กันยายน พ.ศ. 2552 มาใช้ในงานวิจัย จัดซื้อมังคุดจากตลาดผลไม้สดในประเทศไทย นำมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 °C จากนั้น นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งระบบดิจิตอล (ยี่ห้อ AND รุ่น HR-200, 210 g capacity, 0.1 mg readability, Japan) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด เส้นผ่าศูนย์กลางสั้นที่สุด ความสูงของผลด้วยเวอร์เนียร์ (vernier caliper ยี่ห้อ Scorpion) และวัดสเปคตรัมการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด (665-955 นาโนเมตร) แบบทะลุผ่านด้วยเครื่อง SW-NIR spectrometer (รุ่น PureSpect, Saika TIF., Japan) กำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดสเปคตรัมของแต่ละผลไว้ ทำการวัดทั้งหมด 4 จุดในแต่ละตัวอย่าง โดยทำการวัดที่บริเวณกึ่งกลางผลและหมุนทุกๆ 90 องศาในการวัดแต่ละครั้ง ดังแสดงใน Figure 1 จากนั้นนำผลมังคุดดังกล่าว ไปทำการตกกระทบพื้นที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร เพื่อทำให้เกิดเปลือกแข็ง (Tongdee and Suwanagul , 1989) โดยให้ตรงกับจุดแรกของการวัดสเปคตรัมของแต่ละตัวอย่าง จากนั้นทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน ทำการวัดน้ำหนักผลวัดขนาดผลและวัดสเปคตรัมการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดทั้ง 4 จุดเดิมใหม่อีกครั้ง จากนั้นทำการวัดความแข็งของเปลือกที่บริเวณจุดวัดสเปคตรัมทั้ง 4 จุดด้วยเครื่องมือ hand-held penetrometer (รุ่น FHR-5, Nippon Optical Work Co., Ltd., Tokyo) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดเปลือกแข็ง จากนั้นนำข้อมูลน้ำหนักผล ขนาดผล และการดูดกลืนพลังงานเฉลี่ยของแต่ละผลม นำไปใช้ในการวิเคราะห์การคัดแยกระหว่างกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดเปลือกแข็งแบบหลายตัวแปรต่อไป

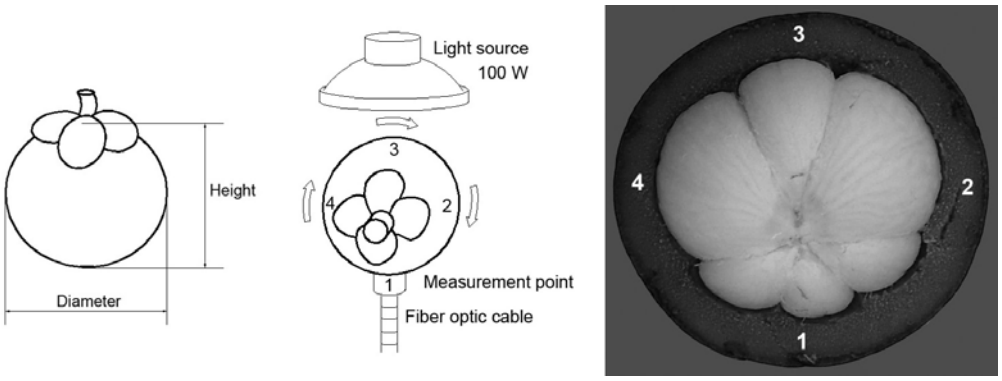

Figure 1 The sample presentation and points for measurement

2. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

แบ่งกลุ่มมังคุดเป็นกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดเปลือกแข็งจากข้อมูลความแข็งของเปลือก คำนวณค่าเฉลี่ยการดูดกลืนพลังงานแสงจาก 4 จุดที่ทำการวัดของแต่ละตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์เลือกหาค่าความยาวคลื่นที่มีผลมากที่สุดในการคัดแยกกลุ่ม โดยเทคนิค Fisher linear discriminant analysis (McLachlan, 1992) จากนั้นนำข้อมูลน้ำหนักผล ขนาดผลและค่าการดูดกลืนพลังงานแสงที่ความยาวคลื่นที่ดีที่สุดที่เลือกจากขั้นตอนแรก มาวิเคราะห์การคัดแยกมังคุดเปลือกแข็งแบบหลายตัวแปร(เป็นวิธีการนำตัวแปรอิสระต่างๆที่ได้จากการวัดแบบไม่ทำลาย มาวิเคราะห์ทางสถิติหาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุด) โดยใช้เทคนิค Fisher linear discriminant analysis และทดสอบความถูกต้องในการ

ทำนายโดยวิธี leave-one-out cross validation (เป็นวิธีที่นำตัวอย่างทั้งหมดยกเว้นตัวอย่างที่หนึ่งที่ถูกดึงออกไป แล้วนำมาสร้างสมการพร้อมกับทดสอบความแม่นยำจากกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ จากนั้นตัวอย่างที่สองถูกดึงออกไป แล้วนำมาสร้างสมการพร้อมกับทดสอบความแม่นยำจากกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ ทำซ้ำแบบเดิมจนกระทั่งทุกตัวอย่างถูกดึงออกไปพร้อมทำการทดสอบทั้งหมด) ในการวิเคราะห์ผลดังกล่าวข้างต้น ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS software (version 9.0, SPSS Inc, Chicago, USA)

ผลการทดลอง

ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงของมังคุดปกติและมังคุดเปลือกแข็ง

จากข้อมูลความแข็งของเปลือกสามารถนำมาแบ่งเป็นกลุ่มผลมังคุดเปลือกปกติจำนวน 320 ตัวอย่าง และกลุ่มผลมังคุดเปลือกแข็งจำนวน 320 ตัวอย่าง นำตัวอย่างวัดค่าตัวแปรต่างๆ ได้ผลแสดงใน Table 1 และค่าการดูดกลืนพลังงานเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดแสดงใน Figure 2 จะเห็นว่าสเปกตรัมของมังคุดจะปรากฏพีคอยู่ที่บริเวณ 710-725 นาโนเมตร ซึ่งเป็นบริเวณความยาวคลื่นของแสงสีแดงในย่านความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น (380-750 นาโนเมตร) นอกจากนี้จะปรากฏพีคอยู่ที่บริเวณ 840 นาโนเมตร ซึ่งเป็นบริเวณพีคการดูดกลืนพลังงานของน้ำ แสดงให้เห็นว่าน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของผลมังคุดนั่นเอง

Table 1 Description of sample sets of mangosteen fruit

Sample group	Maturity stage	Number of fruits	Weight (g)	Dmax* (mm)	Dmin** (mm)	Height (mm)	Hardness (kg)
Sound pericarp mangosteen	4-5	320	39.7-108.7	42.9-69.1	40.0-59.9	31.7-54.0	0.95-1.78
Mangosteen with hard pericarp	4-5	320	39.7-108.7	42.9-69.1	40.0-59.9	31.7-54.0	2.01-4.02

*Dmax = Maximum diameter

**Dmin = Minimum diameter

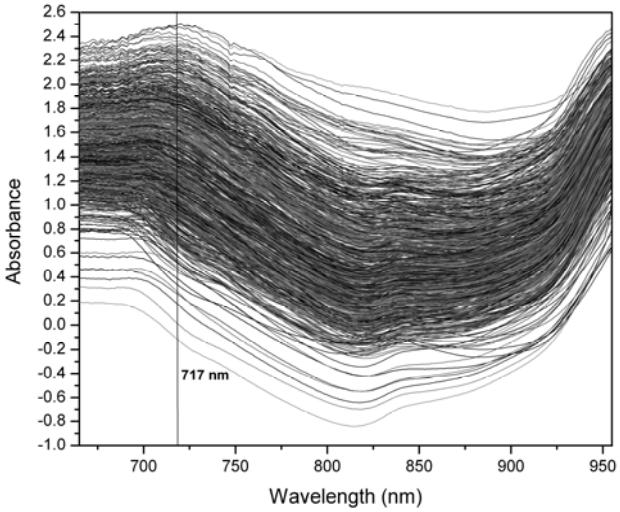

Figure 2 Absorbance of mangosteen fruit

จากการนำผลข้อมูลการดูดกลืนพลังงาน เฉลี่ยของผลมังคุดเปลือกปกติและผลมังคุดเปลือกแข็งมาวิเคราะห์การแยกกลุ่มด้วยสมการสำหรับการคัดแยกกลุ่มของ Fisher และเมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ที่มากที่สุดของสมการ ได้ค่าความยาวคลื่นที่สำคัญคือ 717, 705 และ 672 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกความยาวคลื่นที่ 717 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่สำคัญที่สุดในการคัดแยกกลุ่มเพื่อนำไปใช้ในเทคนิควิเคราะห์พหุตัวแปรต่อไป

เมื่อนำข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดที่ 717 นาโนเมตร และข้อมูลที่สามารถวัดได้โดยวิธีไม่ทำลาย ได้แก่ น้ำหนักผล ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดต่ำสุด ตลอดจนข้อมูลความสูงของผล ของมังคุดปกติและมังคุด

เปลือกแข็งไปวิเคราะห์เพื่อแยกกลุ่มโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์พหุตัวแปรด้วยสมการสำหรับการคัดแยกกลุ่มของ Fisher และทดสอบความแม่นยำในการทำนายด้วยวิธี leave-one-out cross validation ได้ผลดังแสดงใน Table 2

Table 2 Results of classification for sound mangosteen and mangosteen fruits with hard pericarp using sorting analysis and leave-one-out cross-validation

Sample group	No. of fruits	Correct	Incorrect	Accuracy(%)	Averaged accuracy(%)
Sound mangosteen fruits	320	260	60	81.3	80.8
Hard pericarp mangosteen fruits	320	257	63	80.3	

ถ้าพิจารณาความถูกต้องในการทำนายของแต่ละกลุ่มจะเห็นว่าความแม่นยำในการทำนายของกลุ่มของผลมังคุดเปลือกปกติและกลุ่มผลมังคุดเปลือกแข็งให้ผลใกล้เคียงกัน คือ 81.3 และ 80.3% ตามลำดับ ขณะที่ความแม่นยำในการทำนายเฉลี่ยเท่ากับ 80.8% และพบว่าข้อมูลการดูดกลืนพลังงานที่ 717 นาโนเมตร มีความสำคัญในการคัดแยกมากที่สุดและข้อมูลน้ำหนักผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด เส้นผ่าศูนย์กลางสั้นที่สุดและความสูงของผล มีความสำคัญรองลงมาตามลำดับ

วิจารณ์และสรุป

ข้อมูลหลายตัวแปรที่วัดได้ด้วยวิธีการไม่ทำลาย ได้แก่ ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงที่ 717 นาโนเมตร ข้อมูลน้ำหนักผล ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดและต่ำสุด ตลอดจนข้อมูลความสูงของผล สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการคัดแยกมังคุดเปลือกแข็งกับมังคุดปกติได้ผลดี จึงสามารถกล่าวได้ว่าการใช้เทคนิควิเคราะห์หลายตัวแปรมีความเป็นไปได้เพื่อใช้ในการคัดแยกมังคุดเปลือกแข็งแบบไม่ทำลาย ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญที่จะนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องมือและพัฒนาระบบการคัดแยกคุณภาพมังคุดเปลือกแข็งออกจากมังคุดปกติในอนาคตต่อไป

คำขอบคุณ

ในงานวิจัยนี้ ใช้ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2552 ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้ห้องปฏิบัติการและขอขอบคุณ SAIKA Technological Institute Foundation ที่ให้ใช้เครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนพลังงานแสงด้วยเครื่อง NIR Spectrometer

เอกสารอ้างอิง

เกียรติเกษตร ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ. 2532. การผลิตมังคุดให้มีคุณภาพดีเพื่อการส่งออก. กสิกร 62(1): 61-68.

สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, วารุณี ธนะแพสย์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และ ศุมาพร เกษมสำราญ. 2551. การหาปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 39 ฉบับที่ 3(พิเศษ): 156-159.

Ketsa, S. and M. Koolpluksee. 1993. Some physical and biochemical characteristics of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. Postharvest Biol. Technol. 2: 209-215.

McLachlan, G.J. 1992. Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition. John Wiley & Sons. Newyork. 526p.

Palapol, Y., S. Ketsa, D. Stevenson, J.M. Cooney, A.C. Allan and I.B. Ferguson. 2009. Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. Postharvest Biol. Technol. 51: 349–353.

Pathaveerat, S., A. Terdwongworakul and A. Phaungsombut. 2008. Multivariate data analysis for classification of pineapple maturity. J. Food Eng. 89(2): 112-118.

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

Tongdee, S. and C. Suwanagul. 1989. Postharvest mechanical damage in mangosteen. ASEAN Food J. 4 (4): 151-155.