Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 59-62 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 59-62 (2554)

การตรวจสอบอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
Detection of Chilling Injury in Mango Fruits by Near Infrared Spectroscopy

ระจิตร สุวพานิช[1] **และปาริชาติ เทียนจุมพล**[2]
Rachit Suwapanich[1] and Parichat Theanjumpol[2]

Abstract

Chilling injury (CI) is the disorder symptom of mango fruit after storage at low temperature. It has to be detected by the skilled person. Near infrared spectroscopy (NIRS) was used to detect CI symptom in mango fruit. Mango cv. Nam Dok Mai Si Thong was stored in the chamber at 5±1°C to induce CI symptom. NIRSystem 6500 was used to measure spectra of mangoes in wavelength region from 700 nm to 1100 nm. The determination of the electrolyte leakage and moisture content of the flesh at initial time on days 15 and 30 were followed. The spectral data, percentage of electrolyte leakage and moisture content of flesh were used to develop the calibration equation by the partial least squares regression (PLSR). It was found that the calibration equation of percentage of electrolyte leakage contained the values of the correlation of determination (R^2), root mean square error of cross validation (RMSECV) and root mean square error of prediction (RMSEP) equal to 0.74, 1.50 % and 1.89 %, respectively. The calibration equation of moisture content showed the values of R^2, RMSECV and RMSEP were 0.85, 0.53 % and 0.72 %, respectively. It displayed that the calibration result of moisture content was better than that of the percentage of electrolyte leakage. However, the color of flesh and chilling injury score must be considered.

Keywords: mango, chilling injury, detection

บทคัดย่อ

อาการสะท้านหนาวเป็นอาการผิดปกติของผลมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ในการตรวจสอบอาการผิดปกติ นี้ต้องใช้ผู้มีประสบการณ์และความชำนาญ ดังนั้นเทคนิค near infrared spectroscopy (NIRS) จึงถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วง ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองถูกทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว โดยนำไปเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส วัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700 – 1100 นาโนเมตร ร่วมกับการวัดการรั่วไหลของสารอิเลกโตรไลท์จากเนื้อมะม่วงและปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วง ที่ระยะเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 และ 30 วัน นำข้อมูลสเปกตรัมผลมะม่วง การรั่วไหลของสารอิเลกโตรไลท์ และปริมาณความชื้น มาสร้างสมการเทียบมาตรฐาน ด้วยวิธี partial least squares regression (PLSR) พบว่า สมการเทียบมาตรฐานของการรั่วไหลของอิเลกโตรไลท์ มีค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (correlation of determination, R^2) ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายตัวเอง (root mean square error of cross validation, RMSECV) และ ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (root mean square error of prediction, RMSEP)เท่ากับ 0.74, 1.50 % และ 1.89 % ตามลำดับ ส่วนสมการเทียบมาตรฐานของความชื้นของเนื้อมะม่วง มีค่า R^2, RMSECV และ RMSEP เท่ากับ 0.85, 0.53 % และ 0.72 % ตามลำดับ จะเห็นว่าสมการเทียบมาตรฐานของความชื้นให้ผลดีกว่าสมการเทียบมาตรฐานการรั่วไหลของสารอิเลกโตรไลท์ อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาร่วมกับข้อมูลอื่นด้วย อาทิ ข้อมูลสีของเนื้อมะม่วง และคะแนนการประเมินอาการสะท้านหนาว

คำสำคัญ: มะม่วง, อาการสะท้านหนาว, การตรวจสอบ

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1] Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2] Postharvest Technology Research Institute/Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy: NIRS) เป็นวิธีการตรวจสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive) โดยอาศัยการตรวจวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนโดยตัวอย่าง เป็นวิธีการที่ให้ผลที่ดีและรวดเร็ว ลดการใช้สารเคมีในการตรวจวิเคราะห์ ประหยัดเวลาและแรงงาน มีการประยุกต์ใช้ NIRS ในการประเมินคุณภาพทั้งผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะการตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีของผลิตผลต่างๆ ได้แก่ ท้อ สาลี่ แคนตาลูป แอปเปิล ส้ม มะละกอ บลูเบอรีหอมหัวใหญ่ และอื่น ๆ (Kawano, 1995) นอกจากนี้ NIRS ยังได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจหาอาการผิดปกติทางกายภาพของผลิตผลเกษตรด้วย อาทิ อาการไส้ดำ (brown core) ในผลแอปเปิล และผลสาลี่ (Clark *et al*., 2003; Han *et al*., 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิค NIRS มาใช้ตรวจหาอาการผิดปกติในผลมะม่วง คือ อาการสะท้านหนาว (chilling injury, CI) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อลักษณะปรากฏที่ผิว เช่นผิวผลเกิดรอยบุ๋มลึก (surface pitting) และต่อเนื้อมะม่วง เช่น อาการฉ่ำน้ำ (soaking area) ซึ่งเป็นผลเสียต่อการวางจำหน่ายและการยอมรับของผู้บริโภค เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง อาการจะปรากฏชัดเจนเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิปกติ (จริงแท้, 2549) และตรวจพบได้ยาก

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ระยะสุกแก่เต็มที่ จากสวนเกษตรกร อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ฤดูกาลผลิตปี 2552 เดือนพฤษภาคม ถูกชักนำให้เกิดอาการสะท้านหนาว โดยนำไปเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 5±1 องศาเซลเซียส (Figure 1) วัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700 – 1100 นาโนเมตร แล้วจึงนำไปวัดการรั่วไหลของสารอิเลกโตรไลท์จากเนื้อมะม่วงและปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วง ที่ระยะเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 และ 30 วัน วิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมด้วย principle component analysis (PCA) แล้วจึงนำข้อมูลสเปกตรัมผลมะม่วง การรั่วไหลของสารอิเลกโตรไลท์ และปริมาณความชื้น มาสร้างสมการเทียบมาตรฐาน ด้วยวิธี partial least squares regression (PLSR) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ

Figure 1 Mango fruits were stored in a chamber at 5±1°C to induce chilling injury (CI) symptom.

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมของผลมะม่วงด้วยเทคนิค PCA พบว่า สเปกตรัมของผลมะม่วงสามารถจำแนกได้เป็นสองกลุ่มอย่างชัดเจนด้วย PC2 และ PC3 โดยกลุ่มที่หนึ่ง คือ สเปกตรัมของผลมะม่วงปกติ (ระยะเริ่มต้นก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ5±1 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 และ 30 วัน) และกลุ่มที่สองคือ สเปกตรัมของผลมะม่วงที่พบอาการสะท้านหนาว (เก็บรักษาที่อุณหภูมิ5±1 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 และ 30 วัน) (Figure 2) นั่นคือ ผลมะม่วงปกติแตกต่างจากผลมะม่วงที่พบอาการสะท้านหนาว เนื่องจากอาการสะท้านหนาวก่อให้เกิดความเสียหายต่อลักษณะปรากฏที่ผิวและเนื้อมะม่วง เป็นผลจากเยื่อหุ้มเซลล์ทำงานผิดปกติ ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารได้ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ (Wang, 1993) ส่งผลให้สเปกตรัมต่างกัน

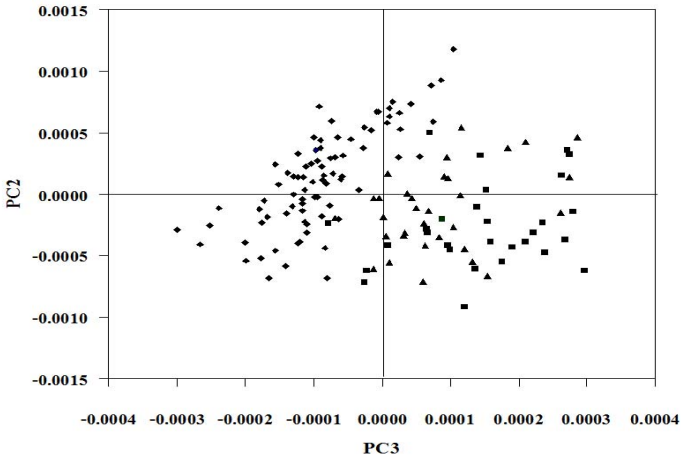

Figure 2 PCA score plot (PC2 vs. PC3) of mango fruit at initial time (♦), on days 15 (▲) and 30 (■) when they were stored at 5±1°C.

สมการเทียบมาตรฐานของการรั่วไหลของอิเลกโตรไลท์ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (correlation of determination, R^2) ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายตัวเอง (root mean square error of cross validation, RMSECV) และ ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (root mean square error of prediction, RMSEP)เท่ากับ 0.74, 1.50 % และ 1.89 % ตามลำดับ ส่วนสมการเทียบมาตรฐานของความชื้นของเนื้อมะม่วง มีค่า R^2, RMSECV และ RMSEP เท่ากับ 0.85, 0.53 % และ 0.72 % ตามลำดับ (Table 1) จะเห็นว่าสมการเทียบมาตรฐานของความชื้นให้ผลดีกว่าสมการเทียบมาตรฐานของการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลท์ ทั้งนี้เป็นผลจากน้ำหรือความชื้นมีการตอบสนองต่อแสงเนียร์อินฟราเรดได้ดีกว่าองค์ประกอบชนิดอื่น (Iwamoto *et al*., 1987)โดยเฉพาะการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลท์ และความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณความชื้นของผลมะม่วงเป็นความสัมพันธ์อันดับที่หนึ่ง ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลท์เป็นความสัมพันธ์อันดับที่สอง อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาร่วมกับข้อมูลอื่นด้วย อาทิ ข้อมูลสีของเนื้อมะม่วง และคะแนนการประเมินอาการสะท้านหนาว

Table 1 PLS calibration results for moisture content and electrolyte leakage of mango flesh using spectra treated with second derivative.

Properties	Pretreatment	F	R^2	RMSECV	RMSEP
Moisture content	Second derivative (5 nm averaging for left and right sides)	4	0.85	0.53	0.72
Electrolyte leakage	Second derivative (15 nm averaging for left and right sides)	8	0.74	1.50	1.89

F : number of factors used in the calibration equation

R^2: correlation of determination

RMSECV: root mean square error of cross validation

RMSEP: root mean square error of prediction

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. กำแพงแสง, นครปฐม.453 หน้า.

Clark, C. J., V. A. McGlone, C. Requejo, A. White and A. B. Woolf. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 29: 300-307.

Han, D., R. Tu, C. Lu, X. Liu and Z. Wen. 2006. Nondestructive detection of brown core in the Chinese pear 'Yali' by transmission visible – NIR spectroscopy. *Food Control* 17:604-608.

Iwamoto, M., J. Uozumi and K. Nishinari. 1987. Preliminary investigation of the state of water in foods by near infrared spectroscopy. In J. Holló, K.J. Kaffka, J.L. Gönczy (eds.). *Near Infrared Diffuse Reflectance/Transmittance Spectroscopy: Proceedings of the Internation NIR/NIT Conference* (p. 3-12), Budapest: Akedémiai Kiadó.

Kawano, S. 1995. Progress in application of NIR and FT-IR in food characterization. In A.G. Gaonkar (ed.). *Characterization of Food: Emerging Methods* (p. 185-199), Amsterdam: Elsevier Science B.V.

Wang, C.Y. 1993. Approaches to reducs chilling injury of fruits and vegetables. *Horticultural Reviews* 15:63-95.