Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 344-347 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 344-347 (2562)

ศักยภาพของเครื่อง NIR แบบพกพาสำหรับตรวจสอบคุณภาพของผลมะม่วงเปรียบเทียบกับเครื่อง NIR ระดับการค้า

The Performance of Portable NIR Spectrometer for Quality Assessment of Mango Fruit Comparing to Commercial NIR Instrument

ปาริชาติ เทียนจุมพล[1,2] ศุภลักษณ์ ชิตวรกุล[1,2] ณัฏฐวัฒณ์ หมื่นมาณี[1,2] และ ดนัย บุณยเกียรติ[2,3]

Parichat Theanjumpol[1,2], Supaluk Chitworakool[1,2], Nadthawat Muenmanee[1,2] and Danai Boonyakiat[2,3]

Abstract

To evaluate the performance of a portable NIR comparing with a commercial NIR instrument, mango fruit cv. Nam Dok Mai Si Thong were cured at 30 °C. Two types of NIR spectrometer were used to acquire the spectra of mango fruit prior to measuring total soluble solids (TSS) of their juice. The calibration models were thereafter developed using partial least square regression (PLSR) by software package. It was found that TSS of ripe mango fruit were in the range of 12.75-20.58%. However, spectral data from the two NIR spectrometers were different. The best TSS calibration model of the portable NIR in terms of coefficient of determination (R^2), root mean square error of cross validation (RMSECV) and average of difference between actual value and NIRS predicted value (Bias) were 0.57, 1.27% and 0%, respectively. The results of the commercial NIR were 0.91, 0.56% and -0.01%, respectively. Therefore, the portable NIR could be used to assess the quality of mango fruit. However, all possible factors should be further studied in order to increase prediction accuracy and meet the commercial NIR instrument's performance. Then, it could also be developed to predict other fruit type as well.

Keywords: Portable NIR, mango, quality

บทคัดย่อ

ศึกษาศักยภาพของเครื่อง NIR แบบพกพาเปรียบเทียบกับเครื่อง NIR ในระดับการค้า โดยนำผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วจึงวัดสเปกตรัมของผลมะม่วงด้วยเครื่องทั้งสองชนิดก่อนนำไปตรวจวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในน้ำคั้น แล้วสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธี partial least squares regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า ผลมะม่วงมีค่า TSS ระหว่าง 12.75-20.58% ซึ่งสเปกตรัมของผลมะม่วงที่วัดได้จากเครื่อง NIR ทั้งสองมีลักษณะแตกต่างกัน ส่วนสมการเทียบมาตรฐาน TSS ที่ดีที่สุดของเครื่อง NIR แบบพกพา มีค่า coefficient of determination (R^2), root mean square error of cross validation (RMSECV) และ average of difference between actual value and NIRS predicted value (Bias) เท่ากับ 0.57, 1.27% และ 0% ตามลำดับ ส่วนเครื่อง NIR ระดับการค้า มีค่าเท่ากับ 0.91, 0.56% และ -0.01% ตามลำดับ ดังนั้นเครื่อง NIR แบบพกพา สามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ และหากต้องการเพิ่มความแม่นยำเช่นเดียวกับเครื่อง NIR ระดับการค้า ควรต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทำงาน แล้วจึงพัฒนาให้นำไปใช้ตรวจสอบคุณภาพผลไม้ชนิดอื่นได้ด้วย

คำสำคัญ: NIR แบบพกพา มะม่วง คุณภาพ

คำนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy, NIRS) มีการนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรมากขึ้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีแบบไม่ทำลายผลผลิต มีความรวดเร็ว และความแม่นยำในการตรวจวัด รวมถึงไม่เกิดของเสียและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามเครื่อง NIR ระดับการค้าและแบบพกพาที่นำเข้ามาจากต่างประเทศยังคงมีราคาสูงมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่อง NIR แบบพกพาสำหรับใช้ตรวจสอบคุณภาพ

[1] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

[3] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[3] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

ของผลไม้ไทย เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูง และนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลผลิตได้ ซึ่งจะมีส่วนช่วยลดต้นทุนการผลิต ทั้งด้านการจ้างแรงงานและการตรวจสอบคุณภาพ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาศักยภาพของเครื่อง NIR แบบพกพาสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องให้สามารถนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพทัดเทียมกับเครื่อง NIR ในระดับการค้า ด้วยการนำมาตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เนื่องจากมีลักษณะเด่นคือ ผิวเหลืองนวล เนื้อละเอียด เสี้ยนน้อย กลิ่นหอมและมีรสหวาน จึงเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคทั้งในและต่างประเทศ (พรรณีย์, 2555) โดยในปี 2561 ประเทศไทยมีการส่งออกมะม่วงประมาณ 89,000 ตัน มีมูลค่า 4,000 พันล้านบาท ซึ่งตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี อเมริกา และเวียดนาม (เคหการเกษตร, 2562)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จำนวน 120 ผล มาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วจึงวัดสเปกตรัมของผลมะม่วงที่บริเวณแก้มผลด้วยเครื่อง NIR แบบพกพา ในช่วงความยาวคลื่น 635-1124 นาโนเมตร และเครื่อง NIR ในระดับการค้าในช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร หัววัดชนิด fiber optic (Figure 1) แล้วจึงนำผลมะม่วงมาปอกเปลือกและตัดเนื้อผลเฉพาะบริเวณที่วัดสเปกตรัมขนาดกว้าง ยาว และหนา เท่ากับ 5x5x1 เซนติเมตร มาคั้นน้ำแล้ววัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ด้วยเครื่องดิจิตอลรีแฟรกซ์โตมิเตอร์ (digital refractometer, PAL-1, ATAGO, Japan) จากนั้นจึงสร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยการนำข้อมูลสเปกตรัมของผลมะม่วงมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยวิธี partial least squares regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

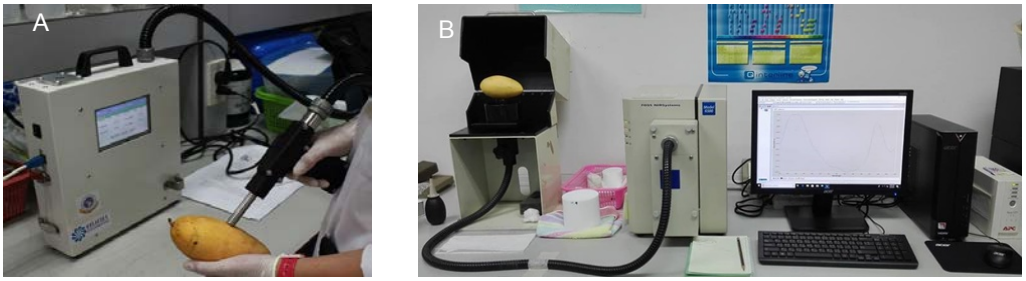

Figure 1 Mango fruit spectra acquisition using two NIR spectrometers: portable (A) and commercial (B)

ผล

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองบ่มสุกที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ระหว่าง 12.75-20.58% ซึ่งผลมะม่วงส่วนใหญ่ (94%) มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 15.1-20.0% และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมดั้งเดิม (original spectra) ของผลมะม่วงที่วัดได้ด้วยเครื่อง NIR ทั้งสองชนิด พบว่า มีลักษณะแตกต่างกัน โดยสเปกตรัมของผลมะม่วงที่วัดด้วยเครื่อง NIR แบบพกพา มีค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) สูงที่สุดที่ความยาวคลื่น 635 นาโนเมตร แล้วมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องถึงความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร แล้วจึงมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งพบแถบการดูดกลืนแสงชัดเจนที่ความยาวคลื่น 966 นาโนเมตร แล้วจึงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องถึงความยาวคลื่น 1124 นาโนเมตร ส่วนสเปกตรัมของผลมะม่วงที่วัดด้วยเครื่อง NIR ในระดับการค้า มีค่าการดูดกลืนแสงต่ำที่สุดที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร แล้วจึงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบค่าสูงที่สุดและแถบการดูดกลืนแสงชัดเจนที่ความยาวคลื่น 980 นาโนเมตร แล้วจึงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดความยาวคลื่นที่ 1100 นาโนเมตร แต่สูงกว่าที่ความยาวคลื่นเริ่มต้น (Figure 2)

สมการเทียบมาตรฐานปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ที่ดีที่สุดของเครื่อง NIR แบบพกพา ซึ่งใช้สเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 635-1124 นาโนเมตร ที่แปลงข้อมูลด้วยวิธี moving average smoothing (segment size 141 จุด) ร่วมกับวิธี gab-segment second derivative (gab size 101 จุด) มีค่า coefficient of determination (R^2), root mean square error of cross validation (RMSECV) และ average of difference between actual value and NIRS predicted value (Bias) เท่ากับ 0.57, 1.27% และ 0% ตามลำดับ ส่วนเครื่อง NIR ระดับการค้า ซึ่งใช้สเปกตรัมที่แปลงข้อมูลด้วยวิธี Savitzky Golay second derivative (10 nm average for left and right sides) มีค่า R^2, RMSECV และ Bias เท่ากับ 0.91, 0.56% และ -0.01% ตามลำดับ (Table 1 and Figure 3)

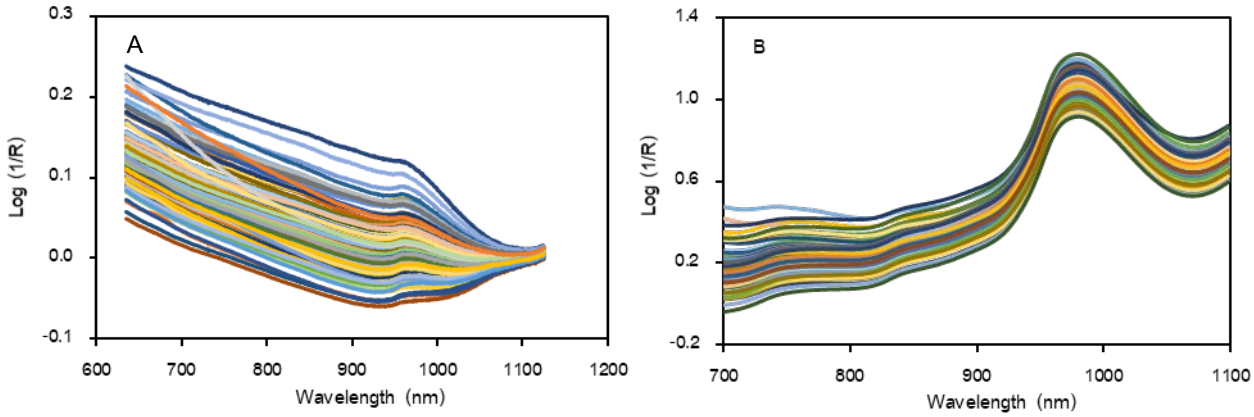

Figure 2 Original spectra of mango fruit measuring by portable (A) and commercial NIR spectrometers (B)

Table 1 PLSR calibration results of total soluble solids of mango fruit using portable and commercial NIR instruments

Instrument Type	Pre-treatment	Wavelength region (nm)	F	R^2	RMSECV (%)	Bias (%)
Portable NIR	Moving average smoothing (141 p.)	635-1124	11	0.53	1.29	-0.03
	Moving average smoothing (141 p.) + gap segment 2nd derivative (101 p.)	**635-1124**	**12**	**0.57**	**1.27**	**-0.00**
	Moving average smoothing (141 p.) + gap segment second derivative (101 p.) +moving average smoothing (81 p.)	635-1124	14	0.58	1.32	-0.02
Commercial NIR	Original spectra	700-1100	8	0.86	0.69	-0.01
	Savitzky Golay smoothing (5,5)	700-1100	8	0.86	0.68	-0.01
	Savitzky Golay 1st derivative (5,5)	700-1100	8	0.89	0.65	-0.01
	Savitzky Golay 2nd derivative (5,5)	**700-1100**	**7**	**0.91**	**0.56**	**-0.01**

F = number of factors used in the calibration model, R^2 = coefficient of determination, RMSECV = root mean square error of cross validation, Bias = average of difference between actual value and NIR value

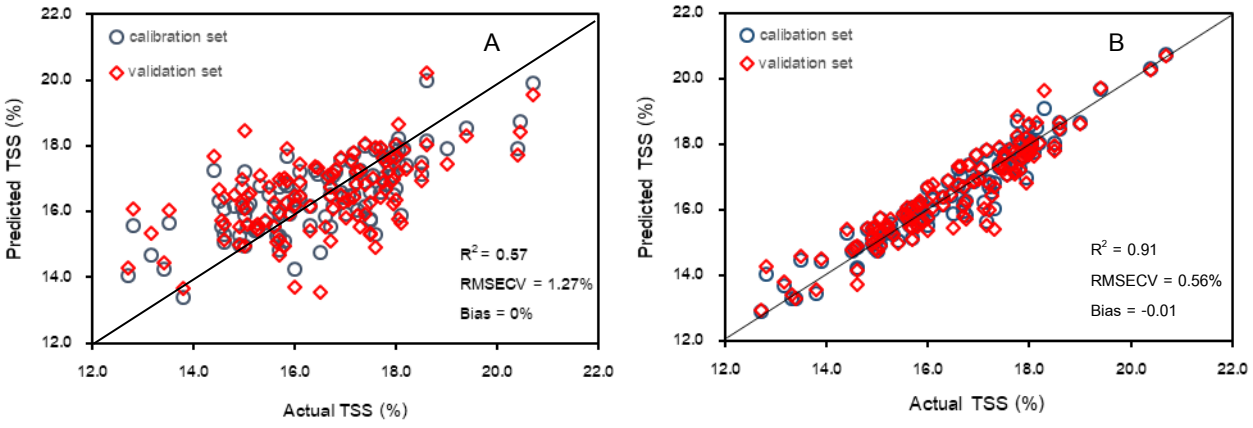

Figure 3 Scatter plots of predicted and actual TSS values of mango fruit using portable (A) and commercial NIR (B) instruments

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสเปกตรัมของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่วัดด้วยเครื่อง NIR แบบพกพา และเครื่อง NIR ระดับการค้า มีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่ยังคงพบแถบการดูดกลืนแสงชัดเจนที่ความยาวคลื่น 966 และ 980 นาโนเมตร ตามลำดับ คือ แถบการดูดกลืนแสงของน้ำ (water absorption band) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผลมะม่วง (Theanjumpol *et al*., 2013) ส่วนสมการเทียบมาตรฐานปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงของเครื่อง NIR แบบพกพา ซึ่งมีค่า R^2, RMSECV และ bias ที่ต่ำกว่าเครื่อง NIR ระดับการค้า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า R^2 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.50-0.64 นั่นคือ สมการเทียบมาตรฐานนี้สามารถนำมาใช้ในการทำนายในเบื้องต้นได้ (rough screening) (Williams and Norris, 2001) ทั้งนี้คณะทำงานวิจัยจะได้นำผลการทดลองดังกล่าวมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องตรวจสอบคุณภาพแบบพกพา และความแม่นยำของสมการ เพื่อปรับแก้ไขทั้งในด้าน hardware และ software และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในลำดับต่อไป

สรุปผลการทดลอง

เครื่อง NIR แบบพกพา สามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ และหากต้องการเพิ่มความแม่นยำเช่นเดียวกับเครื่อง NIR ระดับการค้า ควรต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทำงาน แล้วจึงพัฒนาให้นำไปใช้ตรวจสอบคุณภาพผลไม้ชนิดอื่นได้ด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับสถานที่และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

เคหะการเกษตร. 2562. เชื่อมโยงเครือข่ายผู้ผลิตมะม่วงไทยในงานรวมพลชาวสวนมะม่วงทั่วไทยครั้งที่ 3. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.kehakaset.com/articles_details.php?view_item=780. (19 มิถุนายน 2562).

พรรณีย์ วิชชาชู. 2555. มะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/kasikorn/year-55/nov_dec_55/part-3.pdf. (10 มิถุนายน 2562).

Theanjumpol, P., G. Self, R. Rittiron, T. Pankasemsuk and V. Sardsud. 2013. Selecting variables for near infrared spectroscopy (NIRS) evaluation of mango fruit quality. Journal of Agricultural Science 5(7):146-159.

Williams, P.C. and K. Norris. 2001. Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, USA. 296 pp.