



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

Available online at www.tsae.asia

การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีตรวจสอบความฟามของส้มสายน้ำผึ้ง

Using Near Infrared Spectroscopy Technique to Determine Dry Juice Sac of Mandarin cv. Sai Nam Phueng

ณัฐวุฒิ เนียมสอน^{1,2*}, กัมพล วงษ์ชีวะสกุล^{2,3}, วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,2}, ณัฐวัฒน์ หมื่นมานี^{2,3}, ปาริชาติ เทียนจุมพล^{2,3}

Natawut Neamsorn^{1,2*}, Kumpon Wongzeewasakun^{2,3}, Viboon Changrue^{1,2}, Nadthawat Muenmanee^{2,3}, Parichart Theanjumpol^{2,3}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 50200

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai, 50200, Thailand

²ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ, 10400

²Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok, 10400, Thailand

³ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 50200

³Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

*Corresponding author. Tel: +66-53-944-146, Fax: +66-53-944-145, E-mail: natawut.neamsorn@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการตรวจสอบความฟามในผลส้มสายน้ำผึ้งด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เริ่มจากการหาความสัมพันธ์ของอาการฟามของผลส้มกับความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) ในห้องปฏิบัติการ จากนั้นศึกษาการตอบสนองของอาการฟามต่อแสงเนียร์อินฟราเรด ด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-1100 nm โดยส้มที่นำมาทดลองเป็นผลส้มที่พบอาการฟาม จำนวน 200 ผล และผลส้มปกติ (ไม่พบอาการฟาม) จำนวน 200 ผล แบ่งส้มเป็นสองชุดการทดลอง คือชุดสร้างสมการ และชุดทดสอบ ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี principal component analysis (PCA) และ partial least squares regression (PLSR) ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า ส้มฟามมีความชื้น TSS และ TA ต่ำกว่าผลปกติ และการตรวจสอบด้วยแสงเนียร์อินฟราเรด เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA พบว่า สามารถจำแนกสเปกตรัมของผลส้มได้เป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน จากนั้นพัฒนาสมการเทียบมาตรฐานด้วยเทคนิค PLSR ควบคู่กับค่าความชื้น TSS และ TA ได้ผลว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) รากที่สองค่าเฉลี่ยกำลังสองความแปรปรวนของการทำนาย (RMSECV) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 0.87, 1.67% และ 0.004% ตามลำดับ และผลจากการทดสอบสมการด้วยชุดทดสอบสมการแสดงให้เห็นว่าอาการฟามของผลส้มสามารถนำเทคนิค NIRs จำแนกผลส้มฟามในส้มสายน้ำผึ้งได้

คำสำคัญ: ส้มสายน้ำผึ้ง, อาการฟาม, เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Abstract

The study of dry juice sac determination in Mandarin cv. Sai Nam Phueng by Near Infrared Spectroscopy technique was started in laboratory to examine correlations of moisture content (MC), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA). The later study was to find the response of dry juice sac on Near Infrared using NIRSystem 6500 in wavelength range from 700 - 1100 nm. The 200 of good oranges and 200 of dry juice sac oranges were used for caribration equation development and validation. The acquired data was analysed by principal component analysis (PCA) and partial least squares regression (PLSR). The results were found that dry juice sac oranges contained lower values of MC, TSS and TA than normal fruits. The analysis of using PCA was able to clearly classified normal and dry juice sac orange. The value of MC, TSS and TA were used to develop caribration equation by PLSR technique. The value of R, RMSECV and bias were 0.87, 1.67% and 0.004% respectively. The result of validation revealed that dry juice sac of Mandarin cv. Sai Nam Phueng was able to classify by NIRs technique.

Keywords: Mandarin, dry juice sac, near infrared spectroscopy

บทนำ

ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งเป็นไม้ผลเขตร้อนที่สามารถปลูกได้ทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น นิยมนำมารับประทานทั้งในรูปผลสดและน้ำคั้นเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งในประเทศไทยมีการผลิตเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทำให้การค้าขายผลสดภายในประเทศอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะรองรับผลผลิตได้ จึงต้องมีการเปิดตลาดต่างประเทศและการจำหน่ายไปยังประเทศนั้นๆ ส้มต้องมีคุณภาพดี (दनัยและนิธิยา, 2548) ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งคือปัญหาความฟาม (Dry juice sac) ซึ่งพบมากในช่วงต้นและปลายฤดูการผลิตโดยเกิดจากหลายสาเหตุ ความฟามของผลส้มนี้ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ซึ่งในปัจจุบันใช้การตัดแยกโดยผู้ชำนาญการเท่านั้น จึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการตัดแยกผลที่เกิดความฟามออกจากผลปกติ มีรายงานการศึกษาที่พบว่าผลส้มฟามจะมีอาการแห้ง ผันเงาเล็กกว่าปกติ คุณค่าทางอาหารลดลง เเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (Total soluble solids, TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เปอร์เซ็นต์ (Titratable acidity, TA) และ วิตามิน ซี (Vitamin C) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลปกติ ในขณะที่แร่ธาตุหลายชนิดเพิ่ม ปริมาณสูงขึ้นโดยเฉพาะ Ca และ Mg (รวี, 2542) ซึ่งการตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีเหล่านี้ สามารถตรวจได้รวดเร็วด้วยเทคนิค NIRs มีงานวิจัยรองรับมากมาย ดังเช่น การทำนายค่า TA ในส้มแคทารินโดยใช้เทคนิค NIRs (Slaughter, 1995) การทำนายค่า TSS ในส้มชัตซูมาโดยใช้เทคนิค NIRs (Kawano et al., 1993) การทำนายค่า TSS, TA และ Firmness ในส้มชัตซูมาโดยใช้เทคนิค NIRs (Gomez et al., 2006) การทำนายคุณภาพของส้มโดยไม่ทำลายผลโดยใช้เทคนิค NIRs (Cayuela & Weiland, 2010) ดังนั้นถ้าสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและเคมีกับความฟามของส้ม ก็หมายความว่าจะสามารถตรวจวัดความฟามของส้มได้ด้วย

ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาการตรวจสอบความฟามของส้มโดยเทคนิค NIRs ร่วมกับสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อตัดแยกผลส้มฟามออกจากผลปกติ ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบความฟามแบบไม่ทำลายผล มีความแม่นยำ ประหยัดเวลา และลดการใช้สารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจวัดสมบัติทางเคมี

1 อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1.1 การวัดส้มด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

การวัดสเปกตรัมจากผลส้ม 400 ผล วัดสเปกตรัมด้วยเครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรโไฟโตมิเตอร์ (Near infrared

spectrophotometer, NIRSystem 6500, Foss NIR system, Silver spring, USA) การวัดใช้หัววัดชนิดใยแก้วนำแสงด้วยวิธี Interaction บันทึกข้อมูลสเปกตรัมที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของส้ม ขั้วผล แก้มผล และด้านล่างผล แล้วนำผลส้มสายน้ำผึ้งไปปกเปลือกเพื่อประเมินระดับความฟาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ส้มปกติ ส้มฟาม 1-25% ส้มฟาม 26-50% ส้มฟาม 51-75% ส้มฟาม 76% ขึ้นไป จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี principal component analysis (PCA)

1.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาการฟามระดับต่างๆ ในผลส้มกับสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี และการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน

ตัวอย่างส้มในการทดลอง 400 ผล วัดสมบัติทางกายภาพของส้มแต่ละผล (ความชื้น) สมบัติทางเคมี (ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้) แล้วนำสเปกตรัมของตัวอย่างส้มมาแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือ ชุดสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (Calibration set) 200 ผล และชุดที่ 2 คือ ชุดทดสอบสมการ (Validation set) ด้วยเทคนิค Partial least squares regression (PLSR)

2 ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาสำหรับขั้นตอนที่ 2.1 ศึกษาลักษณะและอาการฟามในผลส้มโดยใช้ส้มฟามในการทดลอง 200 ผลพบว่า อาการฟามเริ่มจากขั้วผลพบ 164 ผล คิดเป็น 82% อาการฟามเริ่มจากแก้มผลพบ 28 ผล คิดเป็น 14% อาการฟามเริ่มจากด้านล่างผลพบ 8 ผล คิดเป็น 4% จากการวัดสเปกตรัม สเปกตรัมของผลส้มมีแถบการดูดกลืนแสงชัดเจนที่ความยาวคลื่น 970 nm คือแถบการดูดกลืนแสงของน้ำ (Figure 1) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Saranwong et al., 2003) ที่พบแถบการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดของน้ำที่ความยาวคลื่น 978 nm ขณะที่ (Gomez et al., 2006) ได้รายงานว่าพบพีกของน้ำชัดเจนที่ความยาวคลื่น 975 nm บนสเปกตรัมของส้มชัตซูมา ในการใช้วิธี PCA เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของสเปกตรัมที่ได้จากการวัด การแยกอาการฟาม พบว่า อาการฟามที่น้อยกว่า 50 % สามารถแยกได้แต่ไม่ชัดเจน แต่สำหรับอาการฟามตั้งแต่ 51% ขึ้นไปสามารถแยกได้ชัดเจนดังแสดงใน Figure 2

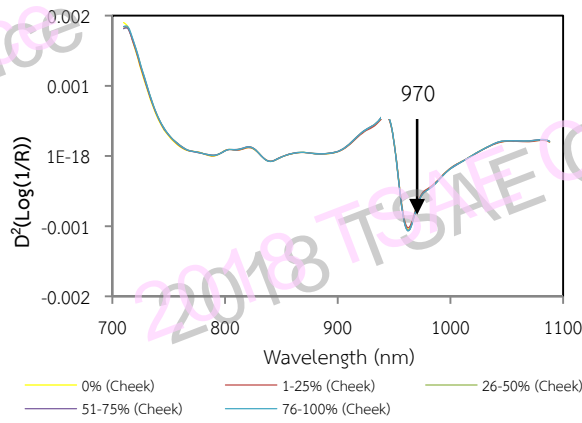


Figure 1 Second derivative Spectra of mandarin.

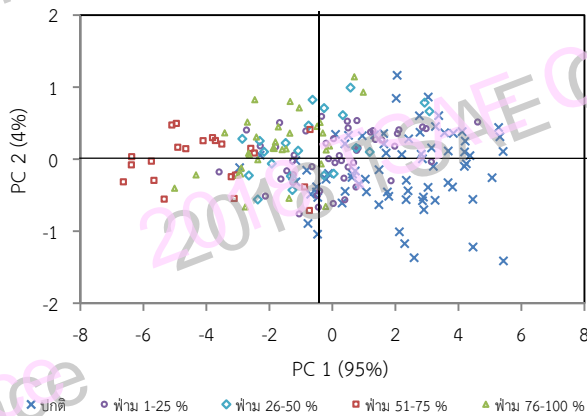


Figure 2 Result of PCA of mandarin.

ผลการศึกษาสำหรับขั้นตอนที่ 2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมีของส้มปกติและส้มพาม พบว่า MC ของส้มปกติและส้มพามในระดับต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) การสร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยนำข้อมูลสเปกตรัมบริเวณแก้มผล ในช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร มาหาความสัมพันธ์กับ MC พบว่า เทคนิค NIRs สามารถคัดแยกผลส้มปกติและผลส้มพามด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (SEC) ค่าผิดพลาดมาตรฐานกลุ่มทดสอบสมการ (SEP)

Table 1 Result of physical properties and chemical properties in normal and dry juice sac mandarin fruits

Dry juice sac (%)	Parameter (%)		
	MC	TSS	TA
Normal fruit	90.73±2.06 a	11.99 ±0.96 a	0.45±0.07 a
1-25%	89.03±1.47 b	11.08±1.59 b	0.36±0.10 b
26-50%	88.35±1.64 b	10.94 ±0.96 b	0.29±0.08 c
51-75%	85.96±2.28 c	8.66±1.70 c	0.25±0.07 c
76-100%	84.45±1.42 d	8.94±1.25 c	0.22±0.06 c
CV (%)	3.30	16.61	33.54

Note: Table displays the values of mean ± standard deviation (SD)

In each column, different letters represent significant differences ($P \leq 0.05$) by Independent sample t-test

และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 0.92, 1.33, 1.45 และ -0.18 ตามลำดับ ดังแสดงใน (Table 2) และ (Figure 3)

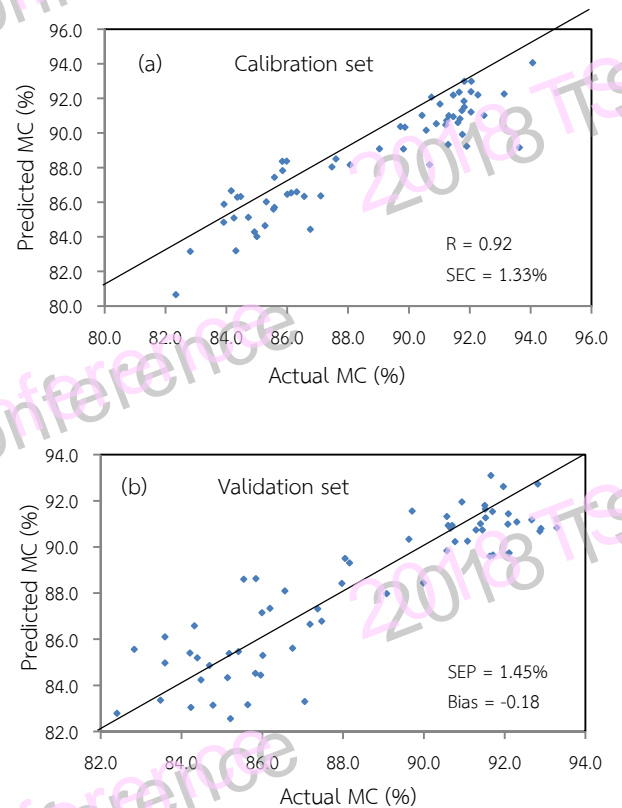


Figure 3 Predictions of PLSR by the NIR system versus laboratory measurement of MC content of mandarin. (a) Calibration set (b) Validation set

จากผลการทดลองอาการพามของส้มมีความสัมพันธ์กับความชื้น (MC) ซึ่งสอดคล้องกับ รวี (2542) ได้รายงานว่าอาการพามมักจะแห้ง ไม่มีน้ำ ในผลที่แสดงอาการมากอาจมีอาการพามเกือบทั้งผล ฟันงเซลล์ของถุงส้มที่เกิดอาการจะหนากว่าปกติ และส่วนประกอบของเซลล์จะแตกต่างกันไป ดังนั้น ความชื้น จึงเหมาะสมที่จะนำไปประเมินอาการพามของส้มด้วยเทคนิค NIRs

Table 2 Result of calibration with PLSR

Reference value	Wavelength region (nm)	F	R	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)
MC	700 – 1100	7	0.92	1.31	1.45	-0.18

F: number of factors used in the calibration equation

R: correlation coefficient

RMSECV: root mean square error of cross validation

Bias: average of difference between actual value and NIR value

3 สรุป

สมบัติทางกายภาพ และเคมีที่มีผลต่อความฟ้ามืด ความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ และ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความ เป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคนิค NIRS สำหรับการ ตรวจสอบความฟ้ามืดของผลส้ม

4 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์นวัตกรรม เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการ อุดมศึกษา กรุงเทพฯ และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสนับสนุนทุน วิจัยและประสานงาน

5 เอกสารอ้างอิง

दनัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนพานนท์. 2548. การปฏิบัติ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

รวี เศรษฐภักดี. 2542. สรีรวิทยาและอาการผิดปกติทาง สรีรวิทยาของส้ม. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงวิชาการ เรื่องการพัฒนาสวนส้มสุก ค.ศ. 2000 หน้า 79.

Cayuela J.A. and C. Weiland. 2010. Intact orange quality prediction with two portable NIR spectrometers. *Postharvest Biology and Technology* 58 : 113-120.

Gomez, A.H. Y. He and A.G. Pereira. 2006. Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using Vis/NIR- spectroscopy techniques. *Journal of Food Engineering* 77 : 313-319.

Kawano, S., T. Fujiwara and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in Satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 62(2) : 465-470.

Saranwong s., J. Sornsrivichai and S. Kawano. 2003. Performance of a portable near infrared instrument for Brix value determination of intact mango fruit. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 11 : 175-181.

Slaughter, D.C. 1955. Nondestructive determination of internal quality in peaches and nectarines. *Tran. ASAE* 38(2) : 617-623