

การทำนายอัตราส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในมะเขือเทศเชอร์รี่ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Determination of TSS/TA Ratio in Cherry Tomato Fruit using NIR Spectroscopy Technique

ศศธร ศรีวิเชียร^{1*}, ชลธิชา หาญกล้า¹ และ อัญชนา สุทธิโคตร¹
Sasathorn Srivichien^{1*}, Chonticha Hankla¹ and Anchana Sutthikhot¹

บทคัดย่อ

มะเขือเทศเชอร์รี่ เป็นผลไม้ขนาดเล็กเพื่อการบริโภคสด มีรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย ปัจจุบันนิยมใช้รับประทานผลสด เพื่อสุขภาพ โดยสามารถรับประทานร่วมกับอาหารจานหลัก หรือรับประทานแทนผลไม้ได้ สามารถหาซื้อได้ตามซูเปอร์มาร์เก็ต แต่พบปัญหาความไม่สม่ำเสมอในด้านรสชาติของผลมะเขือเทศในกล่อง จึงสนใจศึกษาการวัดสัดส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) ซึ่งเป็นค่าความหวานของมะเขือเทศด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (VIS-NIR) โดยใช้มะเขือเทศเชอร์รี่ที่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) อยู่ระหว่าง 7.0-11.0 องศาบริกซ์ เพื่อนำไปพัฒนาใช้ในการคัดแยกมะเขือเทศด้วยความหวาน ก่อนบรรจุลงกล่องเพื่อการค้าปลีก ผลการศึกษาพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงของ VIS-NIR มีความสัมพันธ์กับ TSS/TA ratio ของมะเขือเทศเชอร์รี่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่ารากที่สองของความผิดพลาดเฉลี่ยยกกำลังสองของกลุ่มทดสอบแบบจำลองมาตรฐาน (RMSEP) และค่าอัตราส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทำนายต่อค่าผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มทำนาย (RPD) เท่ากับ 0.87, 1.88 และ 2.05 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า เทคนิค VIS-NIR นี้ยังไม่แนะนำให้ใช้ในการคัดแยกความหวานของมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่ แต่สามารถใช้ค่าการดูดกลืนแสงของสเปกตรัมเดิม (Original spectrum) ในการคัดคุณภาพของมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่อย่างหยาบๆ ในการคัดบรรจุลงกล่องเพื่อการค้าปลีกได้ โดยใช้ค่า TSS เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงของ VIS-NIR มีความสัมพันธ์กับค่า TSS โดยมีค่า R เท่ากับ 0.92, RMSEP เท่ากับ 0.51 และค่า RPD เท่ากับ 2.49

คำสำคัญ: อัตราส่วน TSS/TA, การคัดคุณภาพ, มะเขือเทศ, ค่า RPD

Abstract

Cherry tomatoes are the smallest form of tomatoes. They may have either a sweet or sour flavor. They have a high amount of phytochemical constituents. Today, many people eat cherry tomatoes as a snack. Cherry tomatoes in supermarkets are inconsistency sweet. So, the purpose of this research was to examine the possibility of using the VIS-NIR spectroscopy technique for predicting the Total Soluble Solids (TSS) of cherry tomatoes and the ratio of TSS and Titratable Acid (TA) in cherry tomatoes. We used cherry tomatoes with a TSS ranged between 7.0-11.0 °Brix. The spectra of these tomato samples were then modeled for the purpose of predicting their TSS/TA ratio. Using the Visible Near Infrared (VIS-NIR) Spectroscopy technique, a correlation coefficient (R), Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP) and Ratio of Performance to Deviation (RPD) as follows; 0.87, 1.88 and 2.05, respectively, the results were not accurate enough to be used for predicting quality. However, the prediction model of the original spectrum with 900-2400 nm wavelengths could predict their TSS with a correlation coefficient (R), RMSEP and RPD as follows; 0.92, 0.51, and 2.49. This technique could therefore be used for grading cherry tomatoes by their TSS in retail packaging.

Keywords: TSS/TA ratio, grading, tomatoes, RPD

คำนำ

มะเขือเทศมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* Mill. มะเขือเทศเชอร์รี่ เป็นผลไม้ขนาดเล็กเพื่อการบริโภคสด มีน้ำหนักผลระหว่าง 12-15 กรัม สามารถรับประทานได้ง่าย เปลือกไม่มีกากเหนียว ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว

¹ สาขาวิศวกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี

¹ Department of Agricultural Products Processing Engineering, Faculty of Agricultural and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani

* Corresponding author: Sasathorn.s@gmail.com

รสชาติหวาน มีลักษณะผลเป็นผลเดี่ยวมีขนาดรูปร่าง และสีต่างกัน (เสาวนีย์, 2558) เนื้อภายในฉ่ำด้วยน้ำมีรสหวานอมเปรี้ยว หรือรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย มีเมล็ดจำนวนมาก (ฉวีวรรณ, 2557) มะเขือเทศสายพันธุ์เชอร์รี่เกษตรกรจะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่ออายุประมาณ 50-60 วัน หลังจากย้ายกล้าลงปลูก โดยเก็บเกี่ยวผลที่เริ่มเปลี่ยนสี เพื่อหลีกเลี่ยงผลแตก และสุกมากเกินไปทำการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุเหมาะสมโดยใช้กรรไกรตัดก้านผลให้เหลือก้านยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ควรเก็บผลที่มีสีเขียวปนเหลือง หรือสีชมพูปนแดง (เสาวนีย์, 2558) ภายหลังการเก็บเกี่ยวผู้ผลิตการคัดผลสุกและมีสีแดงจัดทั่วทั้งผล ไม่มีรอยเน่า ถลอก หรือแตกหัก เป็นมะเขือเทศพันธุ์เดียวกันและขนาดรูปร่างใกล้เคียงกัน ในการคัดขนาดตามมาตรฐานของผู้บริโภคจะเห็นว่า เป็นการประเมินลักษณะทางคุณภาพของผลผลิตจากลักษณะที่ปรากฏให้เห็นภายนอก เช่น ขนาด รูปร่าง สี ความมันเงา และตำหนิ ซึ่งการประเมินจากลักษณะที่ปรากฏให้เห็นภายนอกเพียงอย่างเดียว นั้น ไม่สามารถยืนยันคุณภาพภายในของผลผลิตได้ ส่งผลให้เกิดความแตกต่างด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลผลิต ซึ่งไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคจึงมีการสุ่มตรวจคุณภาพภายในผลผลิต เช่น ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และ รสชาติของผลมะเขือเทศ แต่อย่างไรก็ตามการประเมินคุณภาพภายในของผลมะเขือเทศเป็นการสุ่มตรวจคุณภาพแบบทำลาย ทำให้เกิดความสูญเสียผลผลิตที่มีคุณภาพและผลผลิตที่ไม่ได้คุณภาพหลุดรอดไปสู่มือผู้บริโภค ผลที่รายงานเป็นเพียงค่าความน่าจะเป็น

NIR เป็นเทคนิคที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการตรวจสอบคุณภาพของตัวอย่างโดยไม่ทำลาย สามารถแบ่งออกเป็นสองช่วงคลื่น ช่วงคลื่นแรกคือช่วงคลื่นสั้นมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700-1100 นาโนเมตร และช่วงที่สองคือช่วงคลื่นยาวมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1100-2500 นาโนเมตร (สนธิสุข, 2554) เมื่อโมเลกุลของวัตถุได้รับแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นตรงกับพันธะในโมเลกุล โมเลกุลจะเกิดการสั่น และดูดกลืนแสงไว้ ทำให้มีพลังงานมากกว่าปกติ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการดูดกลืนแสง NIR ที่ความยาวคลื่นต่างๆ ที่เรียกว่าสเปกตรัม นั้น สามารถบอกถึงลักษณะของสารได้ โดยแต่ละสเปกตรัมที่แสดงออกมาจะมีลักษณะเฉพาะของสารแต่ละชนิดที่ดูดกลืน จึงสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ หรือตรวจสอบคุณสมบัติเฉพาะตัวได้นอกจากนี้ปริมาณองค์ประกอบของตัวอย่างยังเป็นสัดส่วนกับปริมาณที่ดูดกลืนที่ตำแหน่งความยาวคลื่นจำเพาะจึงสามารถใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ (Burns, and Ciurczak, 2008; Li-Chan, 2010) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงต้องการประยุกต์ใช้เครื่อง NIR ในการสร้างสมการสำหรับทำนายคุณภาพภายในของมะเขือเทศเชอร์รี่ที่ซื้อจากเกษตรกรสำหรับการจัดจำหน่าย เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องคัดคุณภาพของมะเขือเทศเชอร์รี่ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอโดยไม่ทำลายผลผลิตเกษตร โดยสามารถตรวจวัดคุณภาพได้ทุกผล เพื่อเป็นการประกันคุณภาพสินค้าเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำตัวอย่างมะเขือเทศเชอร์รี่จำนวน 200 ผล ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared - Spectroscopy (NIR) รุ่น XDS หัววัดแบบ Rapid Content Analyzer ผลิตจากประเทศ Denmark ที่ความยาวคลื่น 400-2500 nm โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 0.5 นาโนเมตร ทำการวัดสเปกตรัมครั้งละ 1 ผล ที่บริเวณตำแหน่งกึ่งกลางผลทั้งสองด้าน บันทึกสเปกตรัมที่ได้ลงในโปรแกรม Unscramble รุ่น 9.7 Norway และนำผลมะเขือเทศที่ผ่านการวัดสเปกตรัมแล้วไปตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solids: TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Total titratable acidity: TA) และ อัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายได้ ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) จากนั้นทำการปรับแต่งสเปกตรัมสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลอง และทำการสร้างแบบจำลองมาตรฐานความสัมพันธ์ ด้วยการแบ่งกลุ่มข้อมูลของมะเขือเทศเชอร์รี่ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสอบเทียบ และกลุ่มทำนาย ในอัตราส่วนกลุ่มสอบเทียบ และกลุ่มทำนาย สัดส่วน 2 : 1 โดยนำสเปกตรัมกลุ่มสอบเทียบที่ยังไม่ทำการปรับแต่ง และสเปกตรัมที่ผ่านการปรับแต่งสเปกตรัม มาสร้างแบบจำลองมาตรฐานความสัมพันธ์ ระหว่างสเปกตรัมกับอัตราส่วน TSS/TA ด้วยวิธี Partial least squares (PLS) แบบ Full cross validation เพื่อหาแบบจำลองมาตรฐานที่มีค่า R สูงสุด และค่า Standard error of cross validation (SECV) ที่ต่ำที่สุด และทำการทวนสอบแบบจำลองมาตรฐานด้วยสเปกตรัมกลุ่มทำนาย โดยพิจารณาแบบจำลองที่ให้ค่าการทำนายที่มี R สูงสุด และค่า SECV ที่ต่ำที่สุด

ผลและวิจารณ์

ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างมะเขือเทศเชอร์รี่ เพื่อทำการทดลองใช้ค่า TSS (ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก โดยตัวอย่างมะเขือเทศเชอร์รี่ที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีจำนวนมากกว่า 1000 ผล แต่มะเขือเทศที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมาตรฐานมีค่า TSS จะอยู่ในช่วง 7.0-10.9 °Brix เนื่องจากมะเขือเทศที่นิยมรับประทานผลสดมีค่า TSS มากกว่า 8 °Brix ขึ้นไป (เสาวนีย์, 2558) จึงนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองมาตรฐานจำนวน 157 ผล และจัดให้มีการกระจายของข้อมูลดังตารางที่ 1

Table 1 TSS range of samples for generating predictin model.

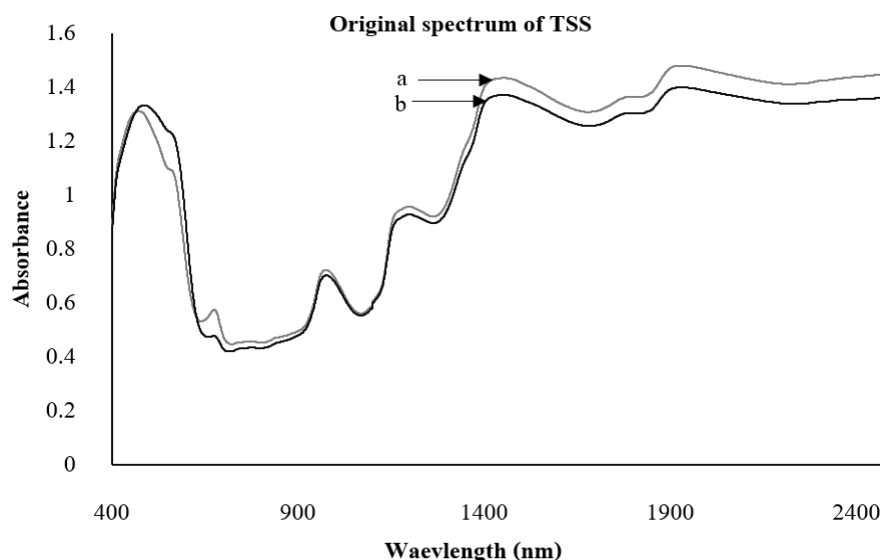
TSS (°Brix)	Number of fruit
7.0-7.9	88
8.0-8.9	70
9.0-9.9	70
10.0-10.9	86

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าจำนวนของ มะเขือเทศเชอร์รี่ในแต่ละช่วง TSS มีจำนวนตัวอย่างที่ใกล้เคียงกันเพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมาตรฐานมีความสม่ำเสมอ โดยทำการวัดสเปกตรัมของผลมะเขือเทศผลละ 2 สเปกตรัม ดังนั้นจึงได้สเปกตรัมรวมทั้งหมด 298 สเปกตรัม และได้ทำการแบ่งกลุ่มสเปกตรัมของมะเขือเทศเชอร์รี่ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สเปกตรัมกลุ่มสอบเทียบ และสเปกตรัมกลุ่มทำนาย โดยมีผลการแบ่งสเปกตรัมของกลุ่มตัวอย่างของค่า TSS ในมะเขือเทศเชอร์รี่ และในการสร้างแบบจำลองได้มีการตัด outlier ออกไป จึงคงเหลือจำนวนสเปกตรัมที่ใช้ในการสร้างและทำนายแบบจำลองมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Spectrum of TSS of sample groups.

Group of samples	Number of spectrum	Range (°Brix)	Mean (°Brix)	Standard deviation	CV (%)
Calibration	199	7.0-10.9	8.94	1.16	12.97
Validation	99	7.0-10.9	8.89	1.26	14.17

จากการสร้างแบบจำลองมาตรฐานทำนาย TSS โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสเปกตรัมของผลมะเขือเทศเชอร์รี่และค่า TSS ด้วยวิธี Partial Least Squares (PLS) พบว่าแบบจำลองมาตรฐานทำนายค่า TSS ของมะเขือเทศเชอร์รี่ ที่ให้ผลการทำนายดีที่สุด คือ แบบจำลองมาตรฐานที่ใช้ Original spectrum ช่วงความยาวคลื่น 900-2400 นาโนเมตร และมีค่า R เท่ากับ 0.92, ค่า SECV เท่ากับ 0.46, ค่า Bias เท่ากับ 0.00 และได้ PC เท่ากับ 12 (ไม่แสดงตาราง)

**Figure 1** Original spectrum average of different TSS range (a = minimum TSS , b = maximum TSS).

จากภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวคลื่น Original spectrum ของกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับของ TSS ที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ตรวจสอบช่วงความยาวคลื่นที่สามารถนำไปสร้างแบบจำลองมาตรฐานทำนายค่า TSS ได้ของมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ดี พบว่าในช่วงความยาวคลื่น 900-2400 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่ให้ค่า R สูงสุด เท่ากับ 0.92 ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Szuvandzsiev et al. (2014) ได้ใช้ handheld portable spectrometer ความยาวคลื่น 500-1100 นาโนเมตร และ Kim et al. (2010) ที่ใช้ NIR ระบบ transmittance ความยาวคลื่น 470-1150 นาโนเมตร ทำนายค่า TSS ในผลมะเขือเทศ

และเมื่อนำค่าอัตราส่วนของ TSS/TA มาทำการแบ่งกลุ่มสเปกตรัมของมะเขือเทศเชอร์รี่ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สเปกตรัมกลุ่มสอบเทียบ และสเปกตรัมกลุ่มทำนาย ได้ผลดังแสดงตารางที่ 3

Table 3 Spectrum of TSS/TA ratio of sample groups.

Group of samples	Number of spectrum	Range	Mean	Standard deviation	CV (%)
Calibration	199	5.6-20.6	13.38	4.00	29.89
Validation	97	5.5-19.4	12.87	3.83	29.75

เมื่อนำสเปกตรัมเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของ TSS/TA ratio ที่ไม่ได้ทำการปรับแต่ง สเปกตรัม (Original spectrum) มาเขียนกราฟจะได้ดังภาพที่ 2

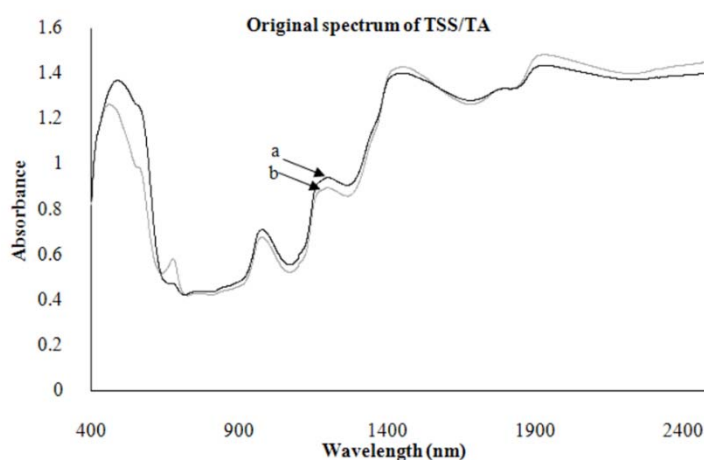


Figure 2 Original spectrum average of different TSS/TA ratio range (a = maximum average TSS/TA, b = minimum average TSS/TA).

เพื่อแสดงให้เห็นแนวโน้มของช่วงความยาวคลื่นที่สามารถนำไปสร้างแบบจำลองมาตรฐานทำนายค่า TSS/TA ratio ของมะเขือเทศเชอร์รี่ ซึ่งที่ช่วงความยาวคลื่นที่ 400-900 นาโนเมตร, 900-1400 นาโนเมตร และที่ช่วงความยาวคลื่น 900-2400 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีระดับค่าเฉลี่ยสูง และต่ำที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4 พบว่าแบบจำลองมาตรฐานการทำนายค่า TSS/TA ratio ด้วย Original spectrum ที่ความยาวคลื่น 900-1400 นาโนเมตร ให้ความแม่นยำมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่า R, SECV, Bias และค่า PC โดยพิจารณาร่วมกันทั้ง 4 ค่า สอดคล้องกับการสร้างแบบจำลองมาตรฐานการทำนายค่า TSS/TA ratio ในผลแอปเปิ้ล ที่ใช้ความยาวคลื่นช่วง 900-976.5 นาโนเมตร (Jha and Garg, 2009)

Table 4 Modelling for prediction of TSS/TA ratio.

Pretreat	Wavelength range	PC	R	SECV	Bias
Original spectrum	400-1700	11	0.81	2.35	0.00
	700-1400	15	0.82	2.32	0.03
	900-1200	12	0.82	2.31	-0.01
	900-1400	12	0.82	2.30	0.00
	1000-1300	12	0.81	2.36	-0.04
	1000-1800	12	0.80	2.15	-0.01
	1100-1400	16	0.82	2.28	0.02
	1100-2500	12	0.80	2.15	-0.02
Smoothing	400-1700	11	0.80	2.39	0.00
	700-1400	15	0.82	2.32	0.03
	900-1200	12	0.82	2.31	0.00
	900-2500	14	0.80	2.39	0.03
	1000-1300	11	0.81	2.36	-0.02
	1000-2500	13	0.80	2.15	-0.01
	1100-1400	13	0.82	2.29	0.02
	1100-2500	12	0.80	2.15	0.00
1 st Derivative	400-800	8	0.81	2.35	0.00
	400-1700	9	0.81	2.37	0.01
	400-2100	12	0.82	2.32	-0.02
	400-2400	11	0.81	2.34	0.01
	400-2500	11	0.82	2.33	0.01
	500-1700	9	0.81	2.33	0.00
	1000-1700	13	0.82	2.32	0.01
	1100-1400	10	0.81	2.39	-0.03

หมายเหตุ : PC = Number of principal component of calibration

R = Correlation coefficient

SECV = Standard error cross validation

และเมื่อพิจารณตารางที่ 5 เห็นได้ว่าค่า R ที่ได้จากการทำนายผลมะเขือเทศกลุ่มทำนายมีค่าสูงถึง 0.87 แสดงว่าตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองมาตรฐานการทำนายค่า TSS/TA ratio ของผลมะเขือเทศเชอร์รี่มีความสัมพันธ์กัน แม้ว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จาก NIR มีความสัมพันธ์กับค่า TSS/TA ratio ของผลมะเขือเทศเชอร์รี่ก็ตาม นอกจากนี้เมื่อพิจารณา ค่า Root mean squared error calibration (RMSEC) ที่ได้ในการสร้างแบบจำลองมาตรฐาน กับ ค่า Root mean squared error validate (RMSECV) ที่ได้จากการใช้ข้อมูลชุดเดียวกันกับที่ใช้สร้างแบบจำลองมาตรฐาน พบว่า ค่าของ RMSEC ใกล้เคียงกับค่าของ RMSECV จึงเป็นข้อยืนยันว่าแบบจำลองมาตรฐานที่ได้นี้ ไม่ได้เกิด Over fitting อย่างไรก็ตามยังไม่แนะนำให้ใช้แบบจำลองนี้ในการทำนายค่า TSS/TA ratio เนื่องจากค่า RPD ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประเมินความสามารถของแบบจำลองมาตรฐานการทำนาย (Arana, 2012) ที่ได้จากกลุ่มทำนายมีค่าเท่ากับ 2.05 เท่านั้น ซึ่งค่า RPD ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2.0-2.5 หมายถึง แบบจำลองมาตรฐานที่มีความสามารถในการประเมินคุณภาพเชิงปริมาณได้ แต่ยังไม่ถูกจัดว่าเป็นแบบจำลอง

มาตรฐานที่ให้ความแม่นยำของการทำนายสูง (พิมพีใจ และคณะ, 2559) สอดคล้องกับ Arana (2012) และ รณฤทธิ์ (2555) ได้เขียนไว้ว่า ค่า RPD ในช่วง 0.0-2.3 เป็นช่วงที่ไม่แนะนำให้ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ แต่ ถ้ามีค่า RPD ค่าอยู่ระหว่าง 2.4-3.0 สามารถใช้ในการประเมินคุณภาพแบบหยาบๆได้ ดังนั้นค่า R และค่า RPD ของ TSS มีค่า 0.92 และ 2.49 ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคัดคุณภาพของมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่อย่างหยาบๆ ได้

Table 5 Calibration model and prediction of TSS and TSS/TA ratio of cherry tomato fruit.

Original spectra	Spectrum (nm)	Calibration model				Prediction				RPD
		PC	N	R	RMSEC	PC	N	R	RMSEP	
TSS	900-2400	12	199	0.93	0.41	12	99	0.92	0.51	2.49
TSS/TA	900-1400	12	199	0.84	2.13	12	97	0.87	1.88	2.05

หมายเหตุ : PC = number of PC N = number of Spectrums R = correlation coefficient

RMSEC = Root Mean Square Error of Calibration

RMSEP = Root Mean Square Error of Prediction

RPD = Relative Percent Different

สรุป

การนำเทคนิค NIR มาใช้ประเมินค่า TSS/TA ratio ด้วยการสร้างแบบจำลองมาตรฐานการทำนายโดยวิธี PLS พบว่า Original spectrum ช่วงความยาวคลื่น 900-1400 นาโนเมตร มีค่า R เท่ากับ 0.87, RMSEP เท่ากับ 1.88 และ มีค่า RPD เท่ากับ 2.05 ซึ่งจากผลการศึกษาที่ได้ยังไม่แนะนำให้ใช้งาน ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ แต่สามารถเป็นแนวทางในการศึกษา และพัฒนาแบบจำลองต่อไปได้ เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จาก NIR มีความสัมพันธ์กับค่า TSS/TA ratio ของผลมะเขือเทศเชอร์รี่ ในขณะที่สามารถนำ NIR มาใช้ในการคัดคุณภาพของมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่อย่างหยาบๆ โดยใช้การผลการทำนายค่า TSS ของผลมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยดีด้วยใจใคร่ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะ ฯ Mr. Bruce Groening และ ว่าที่ร้อยตรี ดร. ดาวรุ่ง วชิรินทร์รัตน์ ที่สละเวลาช่วยปรับปรุงการเขียน และผลักดันให้สามารถดำเนินการวิจัยและตีพิมพ์จนแล้วเสร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ฉวีวรรณ สุดจิตติ. 2557. การเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตมะเขือเทศราชินี. วารสารข่าวเกษตรชลประทาน 18(69): 2-8.
- ธงชัย ยันตรศรี, อุษาวิติ ขนสุด, กานดา หวังชัย, วรรณกนก ทาสวรรณ์ และ พัฒนะ อรรถนสุพัต. 2546. การประเมิน NIR เทคนิคที่สัมพันธ์กับดัชนีกำหนดคุณภาพของผลส้มเขียวหวาน. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- พัทธยา โภคะกุล. 2553. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี NIR (Near Infrared) กับงานควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สุภาพ.
- วารสารอาหารและยา 17(1): 14-15.
- พิมพีใจ สีหะนาม, พลกฤษณ์ มณีวระ, คาซูฮิโร นากาโน และ ดนัย บุญเกียรติ. 2559. การประเมินปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลเสาวรสด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี .
- วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (พิเศษ): 94-101.
- รณฤทธิ์ ฤทธิธ. 2555. การสร้างระบบ NIR สำหรับการวิเคราะห์ประจำวัน. ใน วิชัย หฤทัยธนาสันต์ (ผู้รวบรวม). เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Near- Infrared Technology and Applications in Industries). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- สนธิสุข ชีระชัยขยติ. 2554. การตรวจสอบคุณภาพผลไม้โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี.
- วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า 3(1): 44-52.
- เสาวนีย์ เขตสกุล. 2558. เทคโนโลยีการผลิตมะเขือเทศ. รายงานการวิจัย, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- Arana, I. 2012. Textural properties of food. In Arana, I. (Ed.). Physical Properties of Foods: Novel Measurement Techniques and Applications. CRC press, New York.
- Burns, D.A. and E. W. Ciurczak. 2008. Handbook of Near-Infrared Analysis. 3rd edition. CRC press. New York.

- Jha, S.N., and R. Garg. 2009. Non-destructive prediction of quality of intact apple using near infrared spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology* 47: 207-213.
- Li-Chan, E.C.Y. 2010. Introduction to vibrational spectroscopy in food science. *In* Li-Chan, E.C.Y. et al. (Eds.). *Applications of Vibrational Spectroscopy in Food Science*, volume1: Instrumental and fundamental application. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Kim, D. Y., B. Cho, C. Mo, and Y. S. Kim. 2010. Study on prediction of internal quality of cherry tomato using Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Biosystems Engineering* 35(6): 450-457.
- Szuvandzsiev, P., L. Helyes, A. Lugasi, C. Szántó, P. Baranowski and Z. Pék. 2014. Estimation of antioxidant components of tomato using VIS-NIR reflectance data by handheld portable spectrometer. *International Agrophysics* 28(4): 521-527.