

การใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการติดตาม  
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในของผลส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบผิว

Internal Quality Evaluation of Tangerine cv. Sainamphung after Coating by Near Infrared Spectroscopy

กรวิภา สีละพัฒน์<sup>1</sup> ดนยา ฉันทศาสตร์พงศ์<sup>1</sup> ภาสินี ยูวรรณบุญ<sup>1</sup> ปราโมทย์ คูวิจิตรจาร์<sup>1</sup> และ บุศราภรณ์ มหาโยธี<sup>1</sup>  
Konvipa Silapat<sup>1</sup>, Donnaya Chanthasatpong<sup>1</sup>, Pasinee Yuwanbun<sup>1</sup>, Pramote Khuwijitjaru<sup>1</sup> and Busarakorn Mahayothee<sup>1</sup>

Abstract

Application of coating materials helps extending the shelf-life, while can also affect smell and taste of tangerine during storage and marketing. The aims of this research were to study the internal quality changes of tangerine cv. Sainamphung that was coated with four types of commercial coating materials, i.e., GUSTEC S (10% v/v), CHITOSAN S (10% v/v), GLK (20% v/v) and SUPERSHINE C (20% v/v) during storage at room temperature for 11 days, and to evaluate the use of near infrared spectroscopy (NIRS) to monitor those changes. It was found characteristic odor which indicated the fermentation could be detected from the tangerines coated with above four types of coating materials after 5, 7, 5 and 3 days, respectively. The amount of acetaldehyde and ethanol were 126.98±9.78 and 987.15±0.08 ppm, respectively at this stage. NIRS was used to predict the amount of acetaldehyde and ethanol. NIR absorption spectra of non coated and coated tangerines were acquired in a range of 800-2500 nm in diffuse-reflectance mode. Multiplicative scatter correction (MSC) was found to be the best method for pretreating the spectra before building a calibration model using the partial least square (PLS) regression. The best model for predicting the sum of acetaldehyde and ethanol contents with  $R^2 = 0.70$  and RMSECV = 646 ppm was obtained. NIRS technique has the ability to predict the total amount of acetaldehyde and ethanol for ensuring quality.

**Keywords:** coating, orange, internal quality

บทคัดย่อ

การใช้สารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาส้มส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของส้มในระหว่างการเก็บรักษาและการจำหน่าย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า 4 ชนิด ได้แก่ GUSTEC S (10% v/v), CHITOSAN (10% v/v), GLK (20% v/v) และ SUPERSHINE C (20% v/v) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 11 วัน และศึกษาการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ จากการศึกษพบว่า ส้มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารเคลือบทั้ง 4 ชนิด เกิดกลิ่นหมักหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5, 7, 5 และ 3 วัน ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ 126.98±9.78 ppm และปริมาณเอทานอล 987.15±0.08 ppm เมื่อเริ่มได้กลิ่นหมัก จากการใช้เทคนิค NIRS ในการทำนายปริมาณอะเซตัลดีไฮด์และปริมาณเอทานอลที่สัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นหมัก โดยนำผลส้มจำนวน 96 ผลที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวและผ่านการเคลือบผิวทางการค้า 4 ชนิดข้างต้น มาวัดสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร ปรับแต่งเส้นสเปกตรัมด้วยวิธี multiplicative scatter correction (MSC) และสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค partial least square (PLS) regression พบว่าสมการทำนายผลรวมของปริมาณอะเซตัลดีไฮด์และปริมาณเอทานอลที่ดีที่สุดมีค่า  $R^2 = 0.70$  และค่า RMSECV = 646 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเทคนิค NIRS มีความเป็นไปได้ในการทำนายผลรวมปริมาณอะเซตัลดีไฮด์และปริมาณเอทานอลเพื่อการประกันคุณภาพ

**คำสำคัญ:** สารเคลือบ, ส้ม, คุณภาพภายใน

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 73000

<sup>1</sup> Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000

## คำนำ

ส้ม (*Citrus spp.*) เป็นผลไม้ที่มีสายพันธุ์ที่หลากหลาย นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในรูปผลสดและน้ำผลไม้ รวมทั้งนำมาแปรรูปในเชิงอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีสถิติการส่งออกส้มประมาณ 1.3 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 39 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โดยในระหว่างการเก็บรักษาส้มจะเกิดการสูญเสีย น้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ผลเหี่ยว จึงมีการใช้สารเคลือบผิวของผลส้ม เพื่อช่วยลดอัตราการซึมน้ำของก๊าซและลดอัตราการคายน้ำ (Kester และ Fennema, 1986) แต่การใช้สารเคลือบผิวจะส่งผลให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลง และมีการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หากเคลือบส้มในสภาวะที่ไม่เหมาะสม จะนำไปสู่การเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้ส้มเกิดกลิ่นหมักและรสชาติผิดปกติไป (จริงแท้, 2538) ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพที่เกี่ยวกับกลิ่นหมักจะสัมพันธ์กับค่าปริมาณอะซีตัลดีไฮด์และเอทานอล (Kester และ Fennema, 1986) โดยทั่วไปวิธีการวิเคราะห์สารระเหยจะตรวจสอบด้วยเครื่องแก๊สโครโมโทกราฟี ซึ่งเป็นวิธีที่ทำลายตัวอย่าง ใช้เวลาตรวจสอบนาน และไม่สามารถตรวจสอบได้ทุกผล ดังนั้นเพื่อเป็นการประกันคุณภาพของผลส้ม งานวิจัยนี้จึงได้ทำการนำเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (near infrared spectroscopy, NIRS) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบผิว เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในเวทีการค้าในต่างประเทศ โดยเทคนิคนี้จะสามารถตรวจสอบคุณภาพภายในได้โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง ทำให้ช่วยลดเวลาและปริมาณการสูญเสียผลผลิตที่ใช้ในการตรวจสอบ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมส้มเคลือบผิว

คัดเลือกผลส้มจำนวน 96 ผล ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แบ่งกลุ่มผลส้มออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผลส้มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (ชุดควบคุม) และกลุ่มผลส้มที่ผ่านการเคลือบผิว โดยจุ่มผลส้มลงในภาชนะที่บรรจุสารเคลือบผิว ดังต่อไปนี้ GUSTEC S (10% v/v), CHITOSAN (10% v/v), GLK (20% v/v) และ SUPERSHINE C (20% v/v) เป็นเวลา 20 วินาที และนำผลส้มมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องบนตะแกรงสแตนเลส จากนั้นเก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65) เป็นเวลา 11 วัน เพื่อบริการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) ปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) และปริมาณเอทานอล (ethanol) ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 ภายหลังจากการเคลือบ

### 2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของผลส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยเทคนิค NIRS

นำส้มจำนวน 96 ผล ที่ผ่านการเคลือบผิวตามข้อ 1 และไม่ผ่านการเคลือบผิว (Table 1) ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 ภายหลังจากการเคลือบ มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้แบบ FT-NIR Spectrometer (รุ่น MPA S/N 2197, บริษัท Bruker Hong Kong Limited, Germany) โดยวัดผลละ 2 ตำแหน่ง (Figure 1) เลือกใช้การวัดในรูปแบบสะท้อนกลับ (reflectance) ช่วงความยาวคลื่น 800-2500 nm resolution 32 cm<sup>-1</sup> scan 64 scans ก่อนการวัดค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างจะถูกควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ด้วยการวางไว้ในห้องปรับอุณหภูมิเป็นเวลา 30 นาที เมื่อตัวอย่างผ่านการวัดค่าการดูดกลืนแสง ตัวอย่างบริเวณนั้นจะถูกนำไปคั้นเป็นน้ำส้มเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ ค่าการสูญเสียน้ำหนักโดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลส้มด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบตัวเลข (Digital balance) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ก่อนและหลังจากการวัดสเปกตรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยมาตรวัดดัชนีหักเห (Digital refractometer) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ด้วยการไตเตรตกับสารละลาย 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ และปริมาณเอทานอลด้วยเครื่องแก๊สโครโมโทกราฟี บันทึกไว้เป็นส่วนของข้อมูลค่าทางเคมี ส่วนค่าสเปกตรัมที่ได้จากเครื่อง FT-NIR Spectrometer จะถูกนำไปทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีต่างๆ 6 วิธี (Table 2) จากนั้นข้อมูลทั้ง 2 ชุด (ค่าสเปกตรัมและค่าทางเคมี) จะถูกนำไปหาความสัมพันธ์กัน เพื่อสร้างเป็นสมการทำนายผลรวมของปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ และปริมาณเอทานอล ด้วยเทคนิค partial least square (PLS) regression โดยใช้โปรแกรม OPUS version 7.0 เมื่อได้สมการทำนายค่าผลรวมของปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ และปริมาณเอทานอล แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของสมการโดยใช้ตัวอย่างผลส้มในกลุ่มเดียวกัน



Figure 1 The positions of orange for scanning of spectrum

### ผล

#### ความเป็นไปได้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของผลส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยเทคนิค NIRS

Table 1 แสดงค่าทางสถิติของการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ และปริมาณเอทานอลของส้มในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ส้มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารเคลือบด้วย GUSTEC S (10% v/v), CHITOSAN (10% v/v), GLK (20% v/v) และ SUPERSHINE C (20% v/v) เกิดกลิ่นหมักหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5, 7, 5 และ 3 วัน ตามลำดับ และเริ่มได้กลิ่นหมักเมื่อมีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์  $126.98 \pm 9.78$  ppm และปริมาณเอทานอล  $987.15 \pm 0.08$  ppm

จากการใช้เทคนิค NIRS ในการทำนายผลรวมของปริมาณอะซีตัลดีไฮด์และปริมาณเอทานอล ปรับแต่งเส้นสเปกตรัมด้วยวิธีต่างๆ 6 วิธี (Table 2) พบว่า การปรับแต่งเส้นสเปกตรัมด้วยวิธี multiplicative scatter correction (MSC) และสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค PLS สามารถสร้างสมการทำนายผลรวมของปริมาณอะซีตัลดีไฮด์และปริมาณเอทานอลที่ดีที่สุด ซึ่งมีค่า  $R^2 = 0.6965$  และค่า RMSECV = 646 ppm ตามลำดับ โดยมีค่า RPD = 1.82 ซึ่งอยู่ในระดับที่ใช้ทำนายเพื่อการประกันคุณภาพเบื้องต้นได้

Table 1 Mean and standard deviation (SD) of chemical parameters of coated and non coated oranges stored at room temperature (31°C, RH 65 %) for 11 days

Treatment	N	Weight loss (%)	TSS (°Brix)	TA (%)	Acetaldehyde (ppm)	Ethanol (ppm)
Control	24	9.59±2.10	12.73±1.54	0.50±0.14	95±30	192±45
GUSTEC S	18	9.90±1.62	12.70±0.88	0.49±0.07	96±21	746±176
CHITOSAN	18	9.62±1.33	12.90±0.94	0.49±0.07	111±20	197±62
GLK	18	8.40±1.03	12.39±0.96	0.46±0.08	98±22	538±66
SUPERSHINE C	18	7.51±1.11	12.52±0.97	0.44±0.08	116±22	561±110

Table 2\_ Statistics for the regression model of ethanol and acetaldehyde

Pre-treatment	Ethanol and Acetaldehyde			
	R <sup>2</sup>	RMSECV (ppm)	Bias (ppm)	RPD
Raw spectrum	0.6765	722	11	1.76
SNV	0.6625	737	10	1.72
MSC	0.6965	646	10	1.82
First derivative	0.6744	595	14	1.75
Second derivative	0.6961	609	12	1.81
First derivative + SNV	0.5828	702	10	1.55
First derivative + MSC	0.6375	640	23	1.66

### วิจารณ์ผล

จากการเก็บรักษาผลส้มสายน้ำผึ้งที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวและเคลือบผิวเป็นระยะเวลา 11 วัน พบว่า ผลส้มที่ผ่านการเคลือบผิวจะมีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์และปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษา โดยสารเคลือบผิวช่วยลดอัตราการแลกเปลี่ยนของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างบรรยากาศภายนอกและภายในผลส้ม ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลส้มลดลง เกิดการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงเกิดการสะสมของสารอะซีตัลดีไฮด์และเอทานอล เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Porat *et al.*, 2005) สำหรับสมการการทำนายผลรวมของปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์และเอทานอล พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์และเอทานอล คือ ตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำ จึงได้มีการปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อลดอิทธิพลดังกล่าวก่อนการสร้างสมการการทำนาย เพื่อให้ได้สมการการทำนายที่มีความแม่นยำ อย่างไรก็ตามจากความแม่นยำของสมการการทำนายที่ได้ สามารถทำนายได้อยู่ในระดับประกันคุณภาพเบื้องต้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลการแพร่ผ่านของคลื่นแสงไปยังเนื้อของผลส้ม จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาโมเดลของกระบวนการวางตำแหน่งตัวอย่างเทียบกับแหล่งให้กำเนิดแสงและตัวตรวจจับสัญญาณต่อไป

### สรุป

เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้มีความสามารถในการทำนายค่าผลรวมของปริมาณอะซีตัลดีไฮด์และเอทานอลในผลส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบและไม่เคลือบผิวได้ดีในระดับประกันคุณภาพเบื้องต้น

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากรที่สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้ชุดโครงการ การพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหารอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรด ย่านใกล้ และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากรที่สนับสนุนทุนวิจัยและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

จรัสแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. ข้อมูลสถิติการส่งออกส้ม. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: [http://www.oae.go.th/oae\\_report/export\\_import/export.php](http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php). (15 กุมภาพันธ์ 2556).

Kester, J. J. and O. R. Fennema. 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technology* 40(12): 47-59.

Porat, R., B. Weiss, L. Cohen and A. Biton. 2005. Effects of polyethylene wax content and composition on taste, quality, and emission of off-flavor volatiles in 'Mor' mandarins. *Postharvest Biology and Technology* 38: 262-268.