

การตรวจสอบอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี  
Detection of Pineapple Fruit Internal Browning by Near Infrared Spectroscopy

ณัชชา ชัยพันธ์วิริยาพร<sup>1,2</sup> ดนัย บุญยเกียรติ<sup>1,2</sup> พิเชษฐ์ น้อยมณี<sup>1,2</sup> และ ปาริชาติ เทียนจุมพล<sup>1,2</sup>  
Nutchcha Chaipanwiryaporn<sup>1,2</sup>, Danai Boonyakiat<sup>1,2</sup>, Pichet Noimanee<sup>1,2</sup> and Parichat Theanjumpol<sup>1,2</sup>

Abstract

Detection of internal browning in pineapple fruit was studied by near infrared spectroscopy (NIRS). Pineapple fruits were stored at 10°C for 10 and 25 days after that they were kept at room temperature (30°C) to induce internal browning symptom. Then pineapple fruits were measured the spectrum at stem end, cheek (with peel), cheek (without peel), core (top, bottom), flesh (top, bottom) using NIRSystem 6500 in the wavelength range from 700-1100 nm. After that, pineapple fruits were assessed the severity level of chilling injury and determined total soluble solids (TSS) and percentage of electrolyte leakage. The spectral data and percentage of electrolyte leakage of flesh at cheek were used to develop the calibration equation by partial least square regression (PLSR). It was found that the severity level of chilling injury and percentage of electrolyte leakage increased when the storage period increased. Whereas total soluble solids tended to decrease slightly. PLSR showed that the value of correlation coefficients (R), standard errors of calibration (SEC), standard errors of prediction (SEP) and averages of difference between actual and NIR values (bias) were 0.81, 8.48, 8.96 and -2.24%, respectively. Therefore, it is possible to use NIR spectroscopy for detection of pineapple fruit internal browning.

**Keywords:** internal browning, pineapple, near infrared spectroscopy

บทคัดย่อ

การตรวจสอบอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยนำผลสับปะรดมาทำให้แสดงอาการไส้สีน้ำตาล ด้วยวิธีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 25 วัน จากนั้นย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) แล้วนำผลสับปะรดมาวัดสเปกตรัมที่ขั้วผล แก้มผล (ไม่ปอกเปลือก) แก้มผล (ปอกเปลือก) จากนั้นผ่าผลสับปะรดแล้ววัดสเปกตรัมที่แกนผลและเนื้อผลบริเวณขั้วผลและปลายผล ด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร จากนั้นนำมาประเมินระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ แล้วจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสเปกตรัมกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์บริเวณแก้มผล (ปอกเปลือก) ด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) เพื่อสร้างสมการเทียบมาตรฐาน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลสับปะรดเพิ่มขึ้น ระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เนื้อผลบริเวณแก้ม ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีแนวโน้มลดลง สมการเทียบมาตรฐานอาการไส้สีน้ำตาล แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 0.81, 8.48, 8.96 และ -2.24% ตามลำดับ ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจหาอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด

**คำสำคัญ:** อาการไส้สีน้ำตาล สับปะรด เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

<sup>1</sup> สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup> Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

<sup>2</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

<sup>2</sup> Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

### คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้เขตร้อน สูญเสียในระหว่างการส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ( $10^{\circ}\text{C}$ ) ยิ่งทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาเรียกว่า “อาการไส้สีน้ำตาล” ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการส่งออกสับปะรดผลสด ลักษณะอาการ คือ เกิดแถบสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้กับแกนผล (Kader *et al.*, 1985) จึงไม่เป็นที่ต้องการของตลาด อาการไส้สีน้ำตาลดังกล่าวนี้เกิดขึ้นภายในผลไม่สามารถมองเห็นจากภายนอก ในปัจจุบันใช้วิธีการตรวจสอบด้วยวิธีการทำลายผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียสับปะรดจำนวนมาก และต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญในการตรวจสอบงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy, NIRS) มาใช้ตรวจสอบอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยอาศัยการดูดกลืนแสงขององค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง เป็นวิธีการให้ผลแม่นยำ รวดเร็ว ประหยัดเวลาและแรงงาน วารุณี (2552) ปัจจุบันมีการนำเทคนิค NIRS ไปใช้ในการตรวจหาอาการผิดปกติทางกายภาพ อาทิ อาการไส้ดำในผลแอปเปิล (Clark *et al.*, 2003) และผลสาลี่ (รณฤทธิ์ และคณะ, 2553; Han *et al.*, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิค NIRS มาใช้ตรวจหาอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด

### อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลสับปะรดพันธุ์ภูแลที่ระยะแก่สำหรับส่งออก อายุประมาณ 150 วัน หลังดอกบาน จากสวนเกษตรกรจังหวัดเชียงราย นำผลสับปะรดมาทำให้แสดงอาการไส้สีน้ำตาล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 25 วัน จากนั้นย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำผลสับปะรดมาวัดสเปกตรัมที่ซั้วผล แก้มผล (ไม่ปอกเปลือก) แก้มผล(ปอกเปลือก) จากนั้นผ่าผลสับปะรดตามความยาวผล แล้ววัดสเปกตรัมที่แกนผลและเนื้อผลบริเวณซั้วผลและปลายผล ด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร ดังแสดงที่ Figure 1 และ Figure 2 จากนั้นนำมาประเมินระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลจากพื้นที่หน้าตัดตามยาวของผลสับปะรด โดยให้คะแนนจาก 0-5 ที่มีรายละเอียดดังนี้ 0 คะแนน คือ ไม่พบอาการไส้สีน้ำตาล 1 คะแนน คือ พบอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่หน้าตัด 2 คะแนน คือ พบอาการไส้สีน้ำตาลร้อยละ 10 - 25 ของพื้นที่หน้าตัด 3 คะแนน คือ พบอาการไส้สีน้ำตาลร้อยละ 25 - 50 ของพื้นที่หน้าตัด 4 คะแนน คือ พบอาการไส้สีน้ำตาลร้อยละ 50 - 75 ของพื้นที่หน้าตัด 5 คะแนน คือ พบอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัด แล้วหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และเปอร์เซ็นต์การรวบไหลดของสารอิเล็กโทรไลต์ จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสเปกตรัมกับเปอร์เซ็นต์การรวบไหลดของสารอิเล็กโทรไลต์บริเวณแก้มผล (ปอกเปลือก) ด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) เพื่อสร้างสมการเทียบมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม The unscrambler © version 9.8



Figure 1 Measurement of pineapple fruit spectrum using NIRSystem 6500 with fiber optic probe

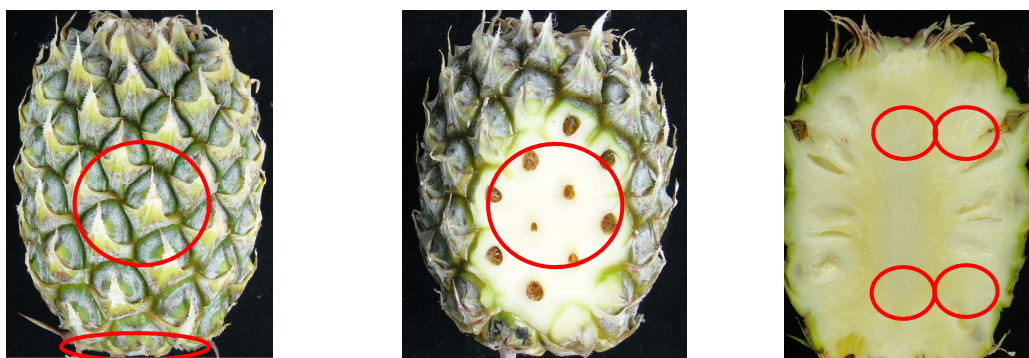


Figure 2 Measurement of pineapple fruit spectra at various parts stem end, cheek (with peel), cheek (without peel), core (top, bottom), flesh (top, bottom)

**ผลการทดลองและวิจารณ์**

ผลสัปดาห์มีระดับความรุนแรงของอาการได้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงภายหลังการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ (อดิศักดิ์ และเหมววรรณ, 2551) พบว่าผลสัปดาห์มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C ซึ่งอาจมีสาเหตุจากสัปดาห์สดเป็นเซลล์ที่มีชีวิต จึงมีกระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น กระบวนการหายใจ และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่เนื้อผลบริเวณแก้มผล พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) เช่นเดียวกับระดับความรุนแรงของอาการได้สีน้ำตาลซึ่ง (McCollum and McDonald, 1991) รายงานว่า ผลเกรฟฟรุต์มีเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นเมื่อเกิดอาการ สะท้อนหา

Table 1 Chilling injury score, electrolyte leakage and total soluble solids of pineapple fruit after storage at 10°C for 10 and 25 days

Storage time (day)	Chilling injury score	Electrolyte leakage (%)	TSS (°Brix)
0	0	20.90±5.88 <sup>a</sup>	14.04±1.42 <sup>a</sup>
10	1	27.16±4.46 <sup>b</sup>	13.94±1.50 <sup>a</sup>
25	4	46.86±17.13 <sup>c</sup>	13.85±1.20 <sup>a</sup>

Values followed by the same letters within each column do not differ significantly at P≤0.05 by LSD test.

จากการสร้างสมการเทียบมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์บริเวณแก้มผล (ปอกเปลือก) ด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 750 – 1100 นาโนเมตร ปรับแต่งด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับสอง (second derivative) พบว่า สมการเทียบมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (standard error of calibration, SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (standard error of prediction, SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 0.81, 8.48, 8.96 และ -2.24% ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 PLSR calibration results for electrolyte leakage of pineapple flesh at cheek (without peel) using spectra treated with second derivative.

Property	Factor	R	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)
Electrolyte leakage	7	0.81	8.48	8.96	-2.24

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีทางเคมีและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่ได้จากการทำนายด้วยสมการเทียบมาตรฐานทั้งตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการและกลุ่มทดสอบสมการ ได้ผลดังแสดงใน Figure 3a และ 3b ตามลำดับ

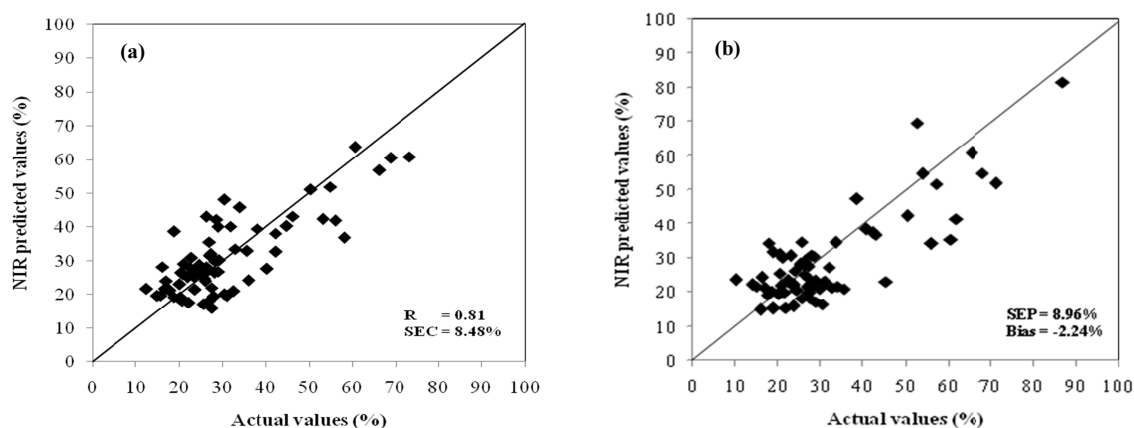


Figure 3 Scatter plots of electrolyte leakage percentage PLSR model of pineapple fruit after storage at 10°C for 10 and 25 days in (a) calibration set and (b) validation set

### สรุป

มีความเป็นไปได้ในการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีช่วงความยาวคลื่นสั้นมาใช้ในการตรวจหาอาการสีน้ำตาลในผลสับปะรด

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนสถานที่และงบประมาณการทำวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

รณฤทธิ ฤทธิธิน, สุวีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา, เขมณัญญ์ พุกพูล, วิระพงษ์ ชูใหญ่ และอุณารุจ บุญประกอบ. 2553. การตรวจสอบความผิดปกติได้จําแนกอย่างไม่ว่าลายในผลสาลี่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1): 381-384.

วารุณี ธนะแพสย์. 2552. เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ในอุตสาหกรรมเกษตร สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 7.

อดิศักดิ์ จูมวงษ์ และ เหมวรรณ อัมภพร. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ภูแลตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3): 191-194.

Kader, A.A., R. F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thompson. 1985. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, California. 178 pp.

Clark, C.J., V.A. McGlone and R.B. Jordan. 2003. Detection of brown heart in Braeburn apple by transmission NIR spectroscopy. Postharvest Biology and Technology 28: 87-96.

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.

McCollum, T.G. and McDonald, R.E. 1991. Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in Grapefruit. Hortscience 26 (9): 1191-1192.