Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 494-497 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 494-497 (2556)

ศักยภาพของเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจหาอาการไส้สีน้ำตาลภายในผลสับปะรด

Potential of Near Infrared Spectroscopy for Detection of Internal Browning of Pineapple fruit

ณัชชา ชัยพันธ์วิริยาพร[1,2,3] ดนัย บุณยเกียรติ[1,2] พิเชษฐ์ น้อยมณี[1,2] และ ปาริชาติ เทียนจุมพล[1,2]
Nutcha Chaipanwiriyaporn[1,2,3], Danai Boonyakiat[1,2], Pichet Noimanee[1,2] and Parichat Theanjumpol[1,2]

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the potential of near infrared spectroscopy (NIRS) for detection of internal browning in pineapple fruit. Pineapple fruits were stored at 10 and 30°C for 25 days after that they were kept at room temperature for 2 days to induce internal browning symptom. Then spectra were measured at stem end (to be conformed with calibration model developed earlier) using NIRSystem 6500, interactance mode, in the wavelength range from 700 nm to 1100 nm. After that, the severity levels of chilling injury were assessed by measuring percentage of electrolyte leakage. The spectral data were pretreated with multiplicative scatter correction (MSC) in combination with second derivative (10 nm average for left and right sides). The partial least squares regression (PLSR) calibration model developed in The Unscrambler ® version 9.8 was used to predict the percentage of electrolyte leakage of the samples. Result showed that the percentage of electrolyte leakage of internal browning fruit was higher than normal fruit ($P<0.05$). The prediction of electrolyte leakage percentage gave the values of standard error of prediction (SEP) and average of difference between actual and NIR values (bias) of 13.50% and -1.93%, respectively, which indicated a rather high deviation. Therefore, the calibration model should be improved further before it can be used for routine analysis.

Keywords: pineapple, internal browning, near infrared spectroscopy

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาศักยภาพของเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (NIRS) ในการตรวจหาอาการไส้สีน้ำตาลภายในผลสับปะรด นำผลสับปะรดมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) นาน 2 วัน เพื่อกระตุ้นให้สับปะรดแสดงอาการไส้สีน้ำตาล จากนั้นวัดสเปกตรัมที่ขั้วผล (ตำแหน่งเดียวกับข้อมูลสเปกตรัมที่ใช้สร้างสมการเทียบมาตรฐาน) ด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ในช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร ใช้การวัดแบบ interactance จากนั้นนำมาประเมินระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลและหาเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ นำข้อมูลสเปกตรัมมาปรับแต่งข้อมูลด้วยวิธี multiplicative scatter correction (MSC)ร่วมกับ second derivative (10 nm average for left and right sides) จากนั้นทดสอบความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ ด้วยโปรแกรม The Unscrambler ® version 9.8 ผลการทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลสับปะรดที่แสดงอาการไส้สีน้ำตาลมีค่าสูงกว่าของเนื้อผลสับปะรดที่ไม่แสดงอาการ ($P<0.05$) การทำนายเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ มีค่าความผิด พลาดมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 13.50% และ -1.93% ตามลำดับ นั่นคือ ข้อมูลมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาสมการเทียบมาตรฐานให้มีความแม่นยำสูงขึ้นก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางปฏิบัติ

คำสำคัญ: สับปะรด, อาการไส้สีน้ำตาล, เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

[1]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand
[3] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3] Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้เขตร้อน เกิดการสูญเสียระหว่างการส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เนื่องจากมีความจำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10ºC) เพื่อคงคุณภาพให้อยู่ได้นาน จึงทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาเรียกว่า “อาการไส้สีน้ำตาล” ลักษณะอาการ คือ เกิดแถบสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้กับแกนผล และถ้าอาการรุนแรงมากจะเกิดสีน้ำตาลเข้มที่แกนและเนื้อเยื่อทั้งผล (Kader *et al.*, 1985) จึงไม่เป็นที่ต้องการของตลาด อาการไส้สีน้ำตาลดังกล่าวนี้เกิดขึ้นภายในผล ไม่สามารถมองเห็นจากภายนอก ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy, NIRS) มาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ เนื่องจากไม่ทำลายตัวอย่าง ซึ่งสามารถตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพโดยอาศัยการดูดกลืนแสงขององค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ให้ผลแม่นยำ รวดเร็วประหยัดเวลาและแรงงาน (วารุณี, 2552) นอกจากนี้มีการนำเทคนิค NIRS ไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลเกษตรหลายชนิด อาทิ อาการไส้ดำในผลแอปเปิล (Clark *et al.*, 2003) คุณภาพภายในผลสาลี่ (Liu, 2005) และอาการสะท้านหนาวผลมะม่วง (ระจิตรและปาริชาติ, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิค NIRS มาใช้ตรวจหาอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตและส่งออกสับปะรดของไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลสับปะรดพันธุ์ภูแลที่ระยะแก่สำหรับส่งออก อายุประมาณ 150 วัน หลังดอกบาน จากสวนเกษตรกร จังหวัดเชียงราย นำผลสับปะรดมากระตุ้นให้แสดงอาการไส้สีน้ำตาล โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน จากนั้นย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) นาน 2 วัน แล้วนำผลสับปะรดมาวัดสเปกตรัมที่ขั้วผล (ตำแหน่งเดียวกับข้อมูลสเปกตรัมที่ใช้สร้างสมการเทียบมาตรฐานก่อนหน้านี้) ด้วยเครื่องNIRSystem 6500 (Figure 1) ในช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร 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 แล้วหาเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ จากนั้นนำค่าสเปกตรัมและเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ มาทดสอบความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานด้วยโปรแกรม The Unscrambler ® version 9.8

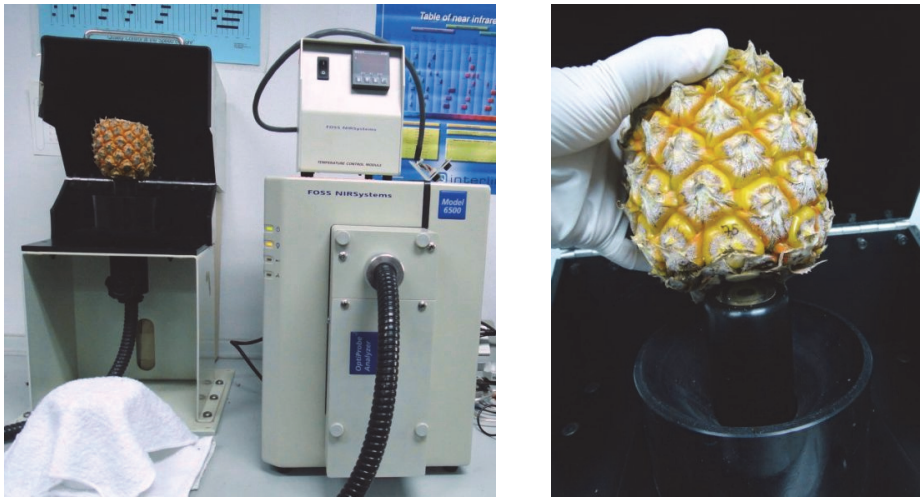
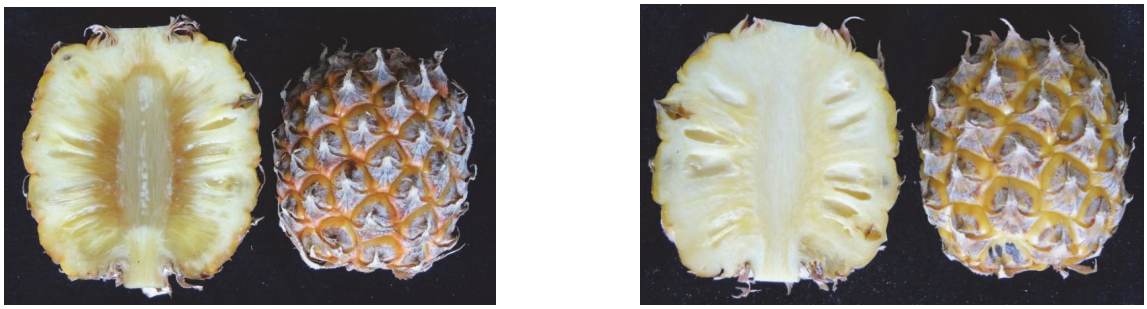


Figure 1 Measurement of pineapple fruit spectrum using NIRSystem 6500 with fiber optic probe

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลสับปะรดภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน พบระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลเท่ากับ 5 หมายถึงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัด ส่วนผลสับปะรดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ไม่พบอาการไส้สีน้ำตาล (Figure 2) และพบว่าผลสับปะรดที่แสดงอาการไส้สีน้ำตาลมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลสับปะรดมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบ เทียบกับผลสับปะรดที่ไม่แสดงอาการ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Weerahewa and Adikaram (2005) เนื่องจากการตอบสนองของเนื้อเยื่อพืชต่ออุณหภูมิต่ำทำให้เกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้ของเหลวภายในเซลล์รั่วไหลออกมาภายนอกเซลล์ (Lu, 2007) และสารที่รั่วไหลออกมาประกอบด้วย น้ำตาล ไอออน กรดแอมิโน และรงควัตถุต่างๆ (Murata, 1990)



(a) (b)

Figure 2 Internal browning of pineapple fruit kept at 10°C (a), Non-internal browning of pineapple fruit kept at 30°C for 25 days (b)

Table 1 Chilling injury score and electrolyte leakage of pineapple fruit stored at 10 and 30ºC for 25 days.

Temperature (°C)	Chilling injury score	Electrolyte leakage (%)
10	5	48.62±11.26[a]
30	0	29.02±3.90[b]

Values followed by the same letters within each column do not differ significantly at $P \leq 0.05$ by t-test.

จากผลการทดลองก่อนหน้านี้ พบว่า สมการเทียบมาตรฐานดีที่สุด (ชุดสร้างสมการ) คือ สมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ ที่วัดสเปกตรัมบริเวณขั้วผล ช่วงความยาวคลื่น 750-1078 นาโนเมตร และปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยวิธี multiplicative scatter correction (MSC) ร่วมกับ second derivative 10 (10 nm average for left and right sides) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการ (standard error of calibration, SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ (standard error of prediction, SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 0.83, 8.37%, 7.62% และ -0.20% ตามลำดับ จึงนำสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ดังกล่าวมาทดสอบความแม่นยำ (precision) ของสมการ ด้วยสับปะรดชุดใหม่ (unknown sample) ที่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล พบว่า มีค่า SEP และ bias เท่ากับ 13.50% และ -1.93% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดชุดใหม่ที่ไม่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล พบว่า ค่า SEP และ bias เท่ากับ 9.96% และ 1.42% ตามลำดับ ซึ่งค่า SEP เป็นค่าทางสถิติค่าหนึ่งที่นำมาใช้พิจารณาความแม่นยำของสมการและควรมีค่าต่ำ แต่จากผลการทดลองพบว่า ค่า SEP ของตัวอย่างกลุ่มทดสอบสมการ มีค่าสูงกว่าและไม่ใกล้เคียงกับค่าSEP ของสมการ (SEP = 7.62%) ซึ่งแสดงว่า สมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ไม่สามารถทำนายสับปะรดชุดใหม่ได้อย่างความแม่นยำ (William and Norris, 2001) สาเหตุมาจากข้อมูลมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง โดยเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่ได้จากการทำนายด้วยสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของผลสับปะรดชุดใหม่ที่แสดงอาการไส้สีน้ำตาลและไม่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล มีค่าเท่ากับ -47.79 และ 100.15% ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีของผลสับปะรดชุดใหม่ที่แสดงอาการไส้สีน้ำตาลและไม่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 48.62 และ 29.02%

ตามลำดับ ซึ่งเกิดความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการทำนายด้วย NIR และค่าจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี อาจเนื่องมาจากคุณภาพของผลสับปะรดที่นำมาทดสอบสมการ ฤดูกาล ช่วงเวลาการทดลอง อุณหภูมิของตัวอย่าง และเครื่องมือที่มีความแตกต่างกัน (William and Norris, 2001) รวมถึงการวิเคราะห์ทางเคมีต้องมีความแม่นยำของวิธีมาตรฐานด้วย เพื่อให้สมการมีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถทำนายตัวอย่างในอนาคตได้ (Kawano, 2002)

สรุป

การทดสอบความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ด้วยสับปะรดชุดใหม่ (unknown sample) พบว่า ข้อมูลมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาสมการเทียบมาตรฐานให้มีความแม่นยำสูงขึ้นก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางปฏิบัติ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณเครื่องมือวิเคราะห์ และสถานที่ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ระจิตร สุวพานิช และปาริชาติ เทียนจุมพล. 2554. การตรวจสอบอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(1): 59-62.

วารุณี ธนะแพสย์. 2552. เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ในอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 7 หน้า.

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

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.

Kawano, S. 2002. Application to agricultural products and foodstuffs. pp. 269-288. *In*: H.W. Siesler, Y. Ozaki and S. Kawata (eds.). Near Infrared Spectroscopy. Principle Instrument Application, Wiley-VCH, Weinheim, Germany.

Liu, Y. 2005. Optical system for measurement of internal pear quality using near-infrared spectroscopy. Optical Engineering 44: 7.

Lu, S. 2007. Effect of packaging on shelf-life of minimally processed Bokchoy (*Brassica chinensis* L.). Food science and Technology 40: 460-464.

Murata, T. 1990. Chiiling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. pp. 201-209.

Weerahewa, D. and N.K.B. Adikaram. 2005. Some of biochemical factors underlying the differential susceptibility of two pineapple cultivars to internal browning disorder. Ceylon Journal of Science 34: 7-20.

Williams, P. and K. Norris. 2001. Near infrared Technology in Agricultural and Food Industries. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota. 296 pp.