

การคัดแยกอาการ "ไส้สีน้ำตาล" ของสับปะรดโดยใช้เทคนิค Transmittance Near Infrared Discrimination of Internal Browning in Pineapple by Transmittance Near Infrared Technique

รณฤทธิ์ ฤทธิธรณ^{1,2}, ธนาภานต์ สะเดียน¹, ปานตา อรรถกรวงศ์¹, สุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา¹ และดนัย บุญเกียรติ^{2,3}
Ronnarit Rittiron^{1,2}, Tanakan Sacean¹, Panta Atthakornwong¹, Sureeporn Narongwongwattana¹ and Danai Boonyakiat^{2,3}

Abstract

Pineapple is an economic crop of Thailand. However, internal browning limits its storage and transportation for exportation. Internal browning is an internal defect which could not be observed from outside. Conventionally, internal qualities of pineapples are checked by random sampling and cut which render the fruit unsaleable. Near Infrared technique is an alternative method for discrimination of internal browning in pineapples without destruction. Therefore, this research aimed to develop a nondestructive discrimination model from relationship between near infrared (NIR) absorbance measured by a NIR spectrometer using transmittance mode, obtained from stem end and cheek, in short wavelength range of 670 - 950 nanometer and internal qualities. Principle Component Analysis (PCA), Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) and Partial Least Square Discriminant Analysis (PLSDA) were used for model development. From the results, spectra obtained from stem end cooperated with PCA technique presented the best model for discriminating normal and internal browning pineapple with correction of 99.33%

Keywords: Pineapple, internal browning, Near Infrared

บทคัดย่อ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่มักพบการเกิดปัญหาไส้สีน้ำตาล (Internal browning) ในระหว่างการเก็บรักษา และการขนส่งเพื่อการส่งออก ซึ่งอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดเป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในผลผลิต ไม่สามารถสังเกตหรือตรวจสอบได้จากภายนอก ปัจจุบันการตรวจสอบ จึงต้องอาศัยวิธีการสุ่มผ่าผลสับปะรด ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการทำลายผลผลิต ทำให้ไม่สามารถนำผลผลิตไปขาย และไม่สามารถประกันคุณภาพผลผลิตทั้งหมดได้ ดังนั้นเทคนิค Near Infrared (NIR) Spectroscopy จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับภาควิเคราะห์คุณภาพแบบไม่ทำลาย งานวิจัยนี้จึงได้สร้างระบบคัดแยกความผิดปกติดังกล่าวของผลสับปะรดโดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนพลังงานย่าน NIR ซึ่งวัดด้วยเครื่อง NIR spectrometer ในระบบการวัดแบบส่องทะลุผ่านที่ตำแหน่งแก้มผล และขั้วผลในช่วงความยาวคลื่น 670 – 950 นาโนเมตร กับคุณภาพภายในของผล จากนั้นนำข้อมูลสเปกตรัมของผลสับปะรดมาสร้างแบบจำลองการทำนายความผิดปกติอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA) , Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) และ Partial Least Square. Discriminant Analysis (PLSDA) ผลการทดลองการวัดสเปกตรัมที่ตำแหน่งขั้วผล และสร้างแบบจำลองการคัดแยกด้วยวิธี PCA ให้ผลการคัดแยกสับปะรดไส้สีน้ำตาลที่ดีที่สุด ด้วยความถูกต้อง 99.33%

คำสำคัญ: สับปะรด, ไส้สีน้ำตาล, อินฟราเรดย่านใกล้

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย แต่ปัญหาที่พบจากการส่งออกในรูปแบบสดนั้น คือ ต้องทำการขนส่งเป็นระยะทางไกล โดยการเก็บรักษาผลสับปะรดไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน อีกทั้งการใส่ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว ก็สามารถทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาขึ้นได้ โดยมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลบริเวณใกล้กับแกนกลางของผล ซึ่งเรียกว่า อาการไส้สีน้ำตาล (internal browning)

¹ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

²Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

³ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Commission, Bangkok 10400

³ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³ Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

ปัจจุบันการตรวจสอบอากาศไล่สีน้ำตาลยังต้องอาศัยวิธีการผ่าผลสับปะรด เนื่องจากเป็นอากาศที่เกิดขึ้นภายในผล ซึ่งวิธีการนี้เป็นการทำลายผลิตผล ทำให้ไม่สามารถนำมาซื้อขายได้ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของสับปะรดโดยอาศัยเทคนิค Near infrared (NIR) Spectroscopy ซึ่งเป็นวิธีการประเมินและตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายและรวดเร็ว จึงเป็นอีกทางเลือกที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดแยกคุณภาพของผลสับปะรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ต้องการจะสร้างแบบจำลองการประเมินคุณภาพสับปะรดแบบไม่ทำลาย เพื่อคัดแยกสับปะรดที่มีอากาศไล่สีน้ำตาล โดยอาศัยเทคนิค NIR

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างผลสับปะรดถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°C ในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 10 และ 25 วันอย่างละ 50 ผล ที่ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ประมาณ 95% เพื่อให้ตัวอย่างเกิดอากาศไล่สีน้ำตาลที่ระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน โดยชุดควบคุมเก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30°C (0 วัน) จากนั้นนำตัวอย่างสับปะรดมาวัดสเปกตรัมหรือการดูดกลืนแสงของในระบบส่องทะลุผ่าน (Transmittance) ด้วยเครื่อง NIR spectrometer ในช่วงความยาวคลื่น 670-950 nm โดยวัด 2 แบบ คือ การวัดที่ตำแหน่งแก้มของผลโดยให้แหล่งกำเนิดแสงทำมุม 90° กับ detector (Figure1(a)) และวัดที่ตำแหน่งขั้วของผล โดยให้แหล่งกำเนิดแสง กับ detector ทำมุม 90° (Figure 1(b))

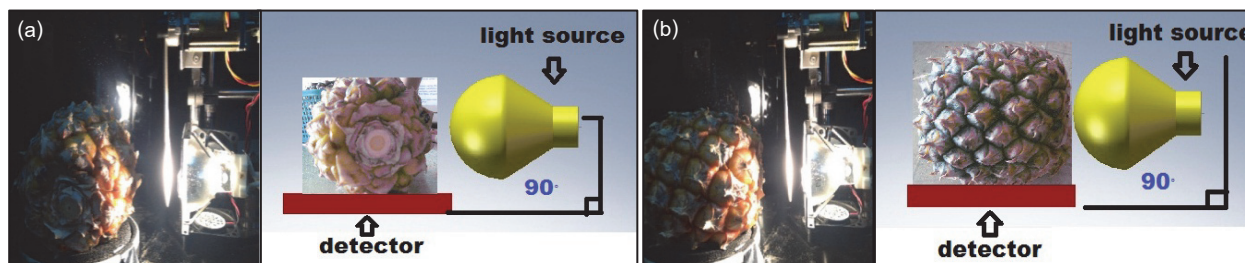


Figure 1 Spectrum measurement of pineapple (a) at cheek with 90 degrees between light source and detector (b) at stem end with 90 degrees between light source and detector

หลังจากนั้นนำผลสับปะรดมาผ่าตามแนวแกนของผลสับปะรด และประเมินระดับความรุนแรงของอากาศไล่สีน้ำตาล โดยให้มีระดับความรุนแรงตามเกณฑ์ (อิชยาและจิ่งแท้, 2551) 6 ระดับ คือ ระดับ 0,1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งในทางปฏิบัติผู้ประกอบการจะแบ่งกลุ่มสับปะรดออกเพียง 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่มสับปะรดปกติ คือ สับปะรดที่มีระดับความรุนแรงตั้งแต่ 0 - 3 หรือมีอากาศไล่สีน้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัด เป็นระดับความรุนแรงที่สามารถยอมรับ และนำผลสับปะรดไปจำหน่ายได้ และกลุ่มสับปะรดไล่สีน้ำตาล คือ สับปะรดที่มีระดับความรุนแรงตั้งแต่ระดับ 4 - 5 หรือมีอากาศไล่สีน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัดเป็นระดับความรุนแรงที่ไม่สามารถยอมรับ ต้องคัดผลสับปะรดนี้ออกไป

แบบจำลองการคัดแยกความผิดปกติอากาศไล่สีน้ำตาลของสับปะรด จะถูกสร้างขึ้นจากสเปกตรัมของผลสับปะรดกลุ่มสับปะรดปกติ และกลุ่มสับปะรดไล่สีน้ำตาล ด้วยวิธี Principle Component Analysis (PCA), Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) และ Partial Least Square Discriminant Analysis (PLSDA) โดยอาศัยโปรแกรม Unscrambler (version 9.8) โดยตัวอย่างทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม Calibration Set ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองคัดแยก และกลุ่ม Validation ใช้สำหรับทดสอบความถูกต้องในการคัดแยก

ผล

จากการเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บรักษาที่ระดับความรุนแรงของอากาศไล่สีน้ำตาลในสับปะรด (ไม่ได้แสดงผล) พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลสับปะรดไว้ที่อุณหภูมิเท่ากัน ระดับความรุนแรงของอากาศไล่สีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องมาจากความเครียดจากสภาพการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิต่ำ มีผลในการกระตุ้นอนุมูลอิสระ (free radicals) ให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถทำลายเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพ (Shewfelt and Erickson, 1991) ทำให้สารประกอบฟีนอลสามารถเคลื่อนที่ผ่านเซลล์ได้อย่างอิสระ (Murata, 1990) และทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO จนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้น (อ้อมอรุณ, 2547)

สเปกตรัมของตัวอย่างที่ได้จากการวัดในระบบส่องทะลุผ่านของการวัดทั้ง 2 ระบบแสดงดัง Figure 2(a) และ 2(b) ตามลำดับ สังเกตเห็นเส้นสเปกตรัมที่ได้จะเกิดการซ้อนทับกันอยู่ระหว่างสับประรดปกติและสับประรดไส้สีน้ำตาล นอกจากนี้ยังเห็นสเปกตรัมของทั้งสองภาพเกิดปรากฏการณ์เลื่อนตัว (baseline shift) เนื่องจากขนาดของผลสับประรดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อกำจัดอิทธิพลดังกล่าวก่อนสร้างแบบจำลอง

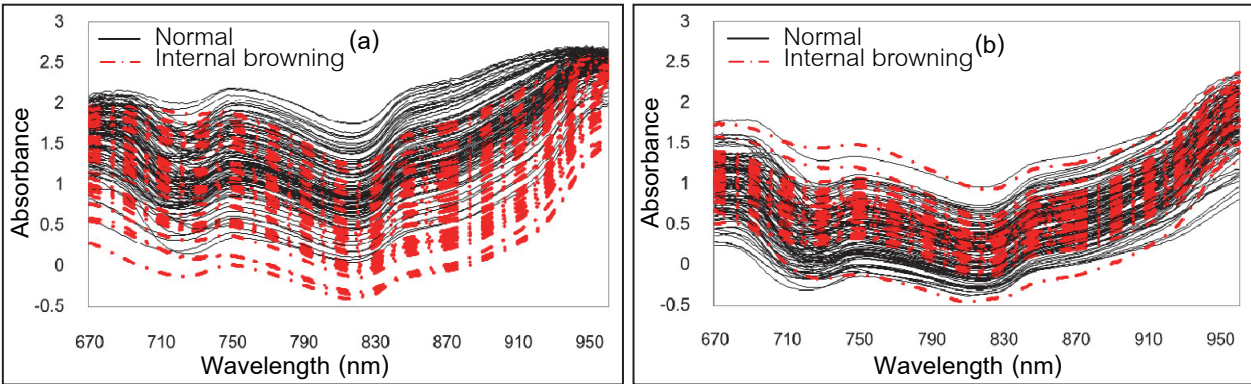


Figure 2 Original spectra of pineapples samples measured at (a) stem end and (b) cheek

ผลการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้คัดแยกสับประรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลที่ได้จากการวัดสเปกตรัมของผลสับประรดในระบบส่องทะลุผ่านทั้ง 2 แบบ แสดงดัง Table 1

Table 1 Correction of discrimination of qualities (normal or internal browning) in pineapple

System	Model (Pretreatment)	Correction of calibration set (%)		Correction of validation set (%)		Overall correction (%)
		Normal	Internal browning	Normal	Internal browning	
cheek	PCA (MSC)	90.41	92.6	94.12	100	92.67
	PLSDA (first derivative)	100	88.89	100	87.5	96.67
	SIMCA (first derivative)	84.93	100	91.18	100	90.67
stem end	PCA (SNV)	98.63	100	100	100	99.33
	PLSDA (second derivative)	100	92.59	100	100	98.67
	SIMCA (first derivative)	94.52	100	97.06	100	96.67

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาสเปกตรัมของผลสับประรด (Figure 2(a),(b)) พบว่าสับประรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลจะมีการดูดกลืนต่ำกว่าสับประรดปกติ และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมจากการวัดที่ตำแหน่งขั้วผล จะเห็นแนวโน้มการแบ่งแยกสับประรดไส้สีน้ำตาลและสับประรดปกติได้ชัดเจนว่าการวัดที่ตำแหน่งแก้มของผลสับประรด ซึ่งมีสาเหตุมาจากอาการไส้สีน้ำตาลในสับประรดเริ่มขึ้นที่ขั้วของผลสับประรดก่อน ดังนั้นการวัดที่ตำแหน่งขั้วของผลสับประรดจึงแสดงความแตกต่างของสเปกตรัมในสับประรดทั้งสองกลุ่มค่อนข้างชัดเจนกว่า และจากผลการสร้างแบบจำลองการคัดแยกสับประรดไส้สีน้ำตาล พบว่าการสร้างจำลองที่ได้จากการวัดสเปกตรัมที่ขั้วของผล โดยให้แหล่งกำเนิดแสงทำมุม 90° กับ detector ด้วยวิธี PCA ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ 99.33% โดยสามารถคัดแยกสับประรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้ 100% ทั้งในกลุ่ม calibration และ validation

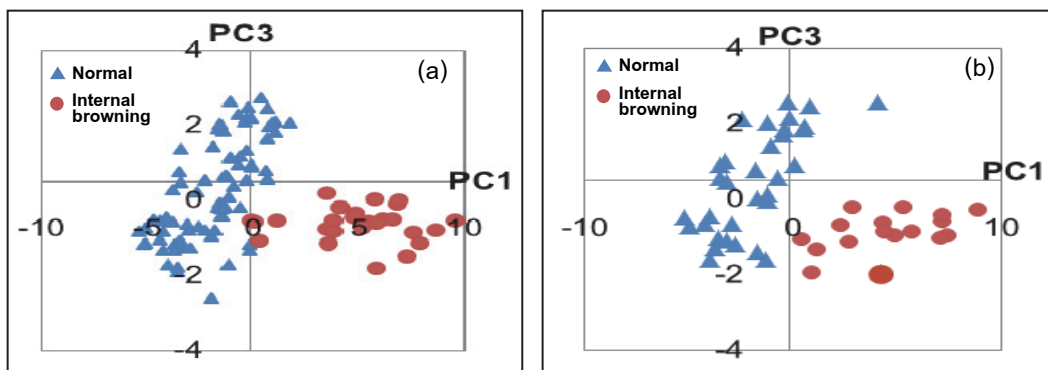


Figure 3 Score plots of PC1 and PC3 for discrimination model of normal and internal browning in pineapple by PCA (a) Calibration Set and (b) Validation Set

ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธี PCA ในการสร้างแบบจำลองที่ใช้คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพราะมีความถูกต้องมากที่สุด ผลการคัดแยกด้วยแบบจำลองที่ได้แสดงผลดัง score plots (Figure 3) สังเกตเห็นว่าค่า score ของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลทั้งในกลุ่ม calibration และ validation จะอยู่ใน Quadrant ที่ 4 กล่าวคือ มีค่า score ของแกน PC1 ส่วนใหญ่มีค่าเป็นบวกและในแกน PC3 มีค่าเป็นลบ ทั้งนี้เนื่องจากการดูดกลืนเฉลี่ยของเส้นสเปกตรัมเฉลี่ยในช่วงความยาวคลื่น 670 ถึง 750 nm ของสับปะรดไส้สีน้ำตาลมีค่าการดูดกลืนเป็นบวก ดังแสดงใน Figure 4 เมื่อนำมาคูณกับค่า loading ของแกน PC1 (Figure 5) ที่ช่วงความยาวคลื่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเป็นบวก จึงทำให้ได้ค่า score ที่ได้ เป็นบวก

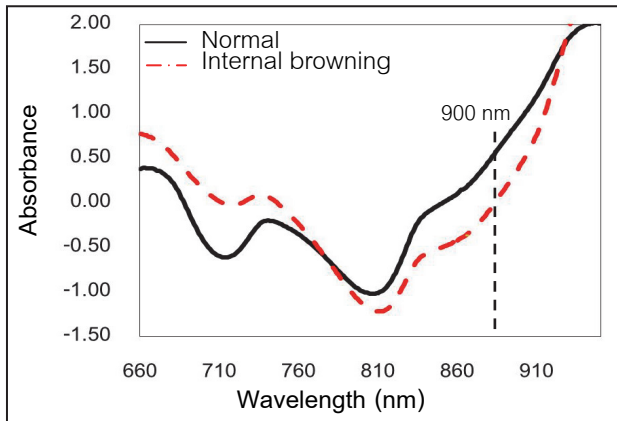


Figure 4 Average spectra of internal browning and normal fruits by PCA

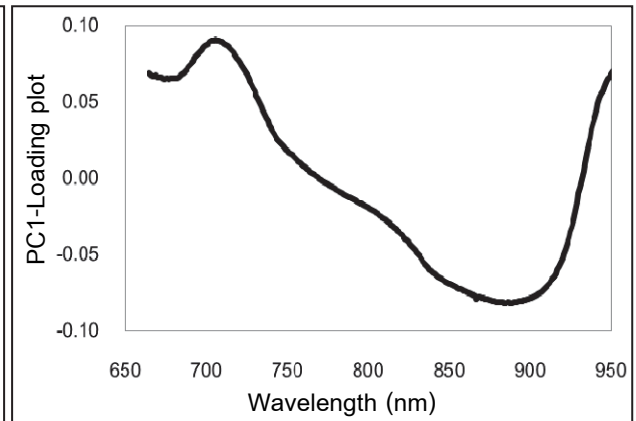


Figure 5 Loading plot of principle component 1 (PC1) for discrimination of internal browning in pineapple by PCA model

นอกจากนี้ จากการศึกษาพบว่า สับปะรดเกิดอาการไส้สีน้ำตาลจะมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าสับปะรดปกติ (Egidio *et al.*, 2009) ซึ่งจากภาพสเปกตรัมเฉลี่ยสับปะรดใน Figure 4 พบว่า ที่ความยาวคลื่น 900 nm เส้นสเปกตรัมของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลจะอยู่ต่ำกว่าเส้นสเปกตรัมของสับปะรดปกติ สอดคล้องตำแหน่งการดูดกลืนของวิตามินซีที่ความยาวคลื่น 900 nm

สรุป

การสร้างแบบจำลองเพื่อคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ด้วยเทคนิค NIR ในระบบส่องทะลุผ่าน โดยการวัดที่ตำแหน่งหัวของผล สามารถคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้อย่างแม่นยำ รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่าง โดยเมื่อนำมาสร้างแบบจำลอง พบว่า การสร้างแบบจำลองจากวิธี Principle Component Analysis (PCA) ร่วมกับการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV) สามารถคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้อย่างแม่นยำที่สุด ด้วยค่าความถูกต้อง 99.33% สามารถคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้อย่างแม่นยำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

- อ้อมอรุณ นกุลธรประภิต. 2547. อนุมูลเสรีและตัวต้านออกซิเดชันกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 น.
- อิชยา ภูสิทธิ์กุล และจรัสแท้ ศิริพานิช. 2551. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3 พิเศษ): 176-179.
- Egidio, V. D., N. Sinelli, S. Limbo, L. Torri, L. Franzetti and E. Casiraghi. 2009. Evaluation of shelf-life of fresh-cut pineapple using FT-NIR and FT-IR spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 54: 87– 92.
- Murata, T. 1990. Relation of chilling stress to membrane permeability, Chilling Injury of Horticultural Crops, CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla. (USA): 201-209.
- Shewfelt, R. L. and M. C. Erickson. 1991. Role of lipid peroxidation in the mechanism of membrane-associated disorders in edible plant tissue. *Trends Food Sci. Technol.* 6: 152-154.