การทำนายอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาว
คลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน

NON-DESTRUCTIVE PREDICTION OF INTERNAL BROWNING IN PINEAPPLE USING TRANSMITTANCE SHORT WAVELENGTH NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

ศุภกรณ์ ศุขเกษม

SUPAKAN SUKKASEM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AHM-053-141

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำนายอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน

NON-DESTRUCTIVE PREDICTION OF INTERNAL BROWNING IN PINEAPPLE USING TRANSMITTANCE SHORT WAVELENGTH NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

T122965

ศุภวรรณ ศุขะวณิชย์

SUPAWAN SUKIWANIK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122965
วัน,เดือน,ปี 10 ต.ค. 2555

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2555

KMITL-2012-AI-M-053-141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NON-DESTRUCTIVE PREDICTION OF INTERNAL BROWNING IN PINEAPPLE USING TRANSMITTANCE SHORT WAVELENGTH NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

SUPAWAN SUKIWANIK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2012-AI-M-053-141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำนายอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน

Non-destructive prediction of internal browning in pineapple using transmittance short wavelength near infrared spectroscopy

ชื่อนักศึกษา นางสาวศุภวรรณ ศุขะวณิชย์

รหัสประจำตัว 52680306

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
ดร.ประมวล ศรีคำหล่ง	
รศ.ดร.อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 11 พฤษภาคม 2555 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตั้งจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 31 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การทำนายอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน**
นักศึกษา	**นางสาว ศุภวรรณ ศุขะวณิชย์**
รหัสประจำตัว	52680306
สาขาวิชา	**วิทยาศาสตร์การอาหาร**
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. สนธิสุข ธีระชัยชยุติ

บทคัดย่อ

สับปะรด พันธุ์ปัตตาเวีย [*Ananas comosus* (L.) Merr.] นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่มักจะประสบปัญหาอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บในอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน อาการสะท้านหนาวเป็นลักษณะของอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาอย่างหนึ่ง เป็นลักษณะความเสียหายของผลิตผลเขตร้อนเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (chilling temperature) ในสับปะรดเรียกอาการนี้ว่า อาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) มีลักษณะอาการ คือ เกิดแถบสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้กับแกนผล สิ่งเหล่านี้เป็นลักษณะอาการที่เกิดขึ้นภายในผล ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจากลักษณะภายนอก จำเป็นต้องมีการตรวจวัดด้วยวิธีทำลายจึงจะสามารถคัดแยกได้ ส่งผลให้ประสบปัญหาในการส่งออกสับปะรดสดเป็นอย่างมาก ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาเทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near Infrared Spectroscopy: NIRS) ในช่วงความยาวคลื่น 665-955 nm และใช้ partial least squares-discrimininant analysis (PLS-DA) มาเพื่อใช้ในการทำนายการแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ ในการทดลองใช้ตัวอย่างสับปะรดจำนวน 233 ผลเพื่อการทำนาย โดยมีจำนวนสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลจำนวน 136 ผล สับปะรดปกติจำนวน 107 ผล จากผลการทำนายพบว่า สามารถคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติได้ความถูกต้องแม่นยำ 96.7 เปอเซ็นต์ และทำการแบ่งระดับของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเป็นระดับความรุนแรงที่เกิดไส้สีน้ำตาล (severity score) เป็น 3 ระดับ คือระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ ทำการสร้างสมการเพื่อคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ พบว่า สับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูงสามารถใช้สมการคัดแยกออกจากสับปะรดปกติได้ความถูกต้องในการแยก ถึง 97.05 เปอเซ็นต์ ระดับกลาง 96.1 เปอเซ็นต์ และระดับต่ำ 90.7 ตามลำดับ นอกจากนี้ได้สร้างสมการเพื่อใช้ทำนายคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในของผลสับปะรดได้ผลที่แม่นยำ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid: TSS) (R = 0.87, SEP = 0.66, bias = 0.007) และ ค่าความเป็นกรดที่ได้ (titratable acidity: TA) (R = 0.86, SEP =0.084, bias = 0.0075) อีกทั้งยังสามารถสร้างสมการในการทำนายอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดในระดับความรุนแรงต่างๆ (R = 0.83, SEP = 3.35, bias = - 0.47) จึงกล่าวได้ว่า สามารถนำเทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นมาใช้ในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติและสามารถนำมาใช้ประเมินคุณภาพภาพของผลสับปะรดแบบไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Non-destructive prediction of internal browning in pineapple using transmittance short wavelength near infrared spectroscopy
Student	Miss Supawan Sukiwanik
Student ID.	52680306
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2011
Thesis advisor	Asst Prof Dr. Sontisuk Teerachaichayut

Abstract

Pattawia pineapples [Ananas comosus (L.) Merr.] is one of the most important commercial fruit of Thailand. For long-term storage in low temperature, sound pineapples maybe occur physiological disorders, also called "internal browning" that associated with chilling injury when storage in chilling temperature. Symptoms, the internal browning may be confined only to the core area. Symptoms of internal browning cannot be observed unless the fruit is cut, so destructive testing was using to quality separated but its effect in whole pineapples exporter. This research, Near Infrared Spectroscopy (NIRS) technique (665-955 nm) and Partial Least Squares-Discriminant Analysis (PLS-DA) were used for prediction on the pineapples classification, internal browning pineapples from sound pineapples. The experimental used the 233 of pineapples that with the 136 internal browning pineapples and 107 of sound pineapples for prediction, the result showed this method could classification internal browning pineapples from sound pineapples, 96.7% classification accuracy. Divided the symptoms of internal browning pineapples into three levels as high, medium and low. The equation were generated for classification the high, medium and low symptom levels of internal browning pineapples from sound pineapples, classification accuracy were 97.05%, 96.1% and 90.7%, respectively. Furthermore, this research was generated the accuracy equation for pineapples quality prediction, total soluble solids and acid content (R = 0.87, SEP = 0.66, bias = 0.007) and total acidity of pineapples (R = 0.86, SEP = 0.084, bias = 0.0075). in addition was generated the accuracy equation for internal browning pineapples severity score prediction (R = 0.83, SEP = 3.35, bias = - 0.47).Therefore, Near

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Infrared Spectroscopy (NIRS) technique was accuracy for classification internal browning pineapples from sound pineapples and Nondestructive prediction quality of pineapples.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สนธิสุข ธีระชัยชยุติ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี รวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขงานในหลาย ๆ ด้านที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย และการได้รับโอกาสดี ๆ หลาย ๆ อย่างที่ข้าพเจ้าได้รับมาเป็นความรู้และประสบการณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรที่อนุเคราะห์สถานที่ คอยดูแลอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและสารอาหาร รวมทั้งพี่ ๆ และเพื่อน ๆ นักศึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและสุขาภิบาลอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ศุภวรรณ ศุขะวณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญภาพ..... X

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 สับปะรด..... 4

2.2 อาการสะท้านหนาว..... 8

2.3 Near Infrared Spectroscopy..... 15

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 28

3.1 วัตถุดิบ..... 28

3.2 วัสดุอุปกรณ์..... 28

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์..... 28

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง..... 29

3.5 วิธีดำเนินงาน..... 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 34

4.1 สเปกตรัมของสับปะรด..... 34

4.2 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid: TSS) และค่าความเป็นกรด (titratable acidity: TA) ของสับปะรด..... 36

4.3 การสร้างสมการการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ..... 47

4.4 สร้างสมการทำนายสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับความรุนแรงต่างๆ..... 51

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 56

5.1 สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ..... 56

บรรณานุกรม..... 57

ภาคผนวก

ก. มาตรฐานสับปะรด..... 63

ข. การหาค่ากรดและปริมาณของแข็งที่ละลายได้..... 69

ค. การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดของสับปะรดปกติ และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล..... 71

ง. ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ..... 74

ประวัติผู้เขียน..... 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดในประเทศไทย	8
2.2	การแบ่งช่วงคลื่นย่านอินฟราเรด	15
3.1	แสดงการตั้งค่าของเครื่อง NIRS ที่ใช้วัด	31
4.1	ผลการวัดค่า TSS และ TA ของสับปะรด ในกลุ่มของ calibration set และ prediction set	37
4.2	ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของ TSS	40
4.3	ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของ TA	41
4.4	ประสิทธิภาพสมการที่ใช้ในการทำนายค่า TSS	42
4.5	ประสิทธิภาพสมการที่ใช้ในการทำนายค่า TA	42
4.6	ผลการวัดค่า B/A ของสับปะรด ในกลุ่มของ calibration set และ prediction set	44
4.7	ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของ TSS/TA	45
4.8	ประสิทธิภาพสมการที่ใช้ในการทำนายค่า TSS/TA	47
4.9	ผลการสร้างสมการทำนายในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ	51
4.10	ผลการวัด เปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดในกลุ่มของ calibration set และ prediction set	52
4.11	ผลการสร้างสมการทำนายในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ	52
4.12	ผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดในกลุ่มของ calibration set และ prediction set	53
4.13	ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรด	54
4.14	ประสิทธิภาพสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรด	55
ก1	ข้อกำหนดเรื่องขนาดของผลสับปะรด	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1)..... 74

ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (: ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอากา ที่เกิดไส้สีน้ำตาล..... 84

ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0)..... 94

ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0)..... 101

ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0).....109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม NIR	17
2.3	องค์ประกอบของเครื่อง Near Infrared Spectroscopy	21
3.1	สับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล	29
3.2	แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดทั้ง 6 จุดของผลสับปะรด	30
3.3	เครื่อง ตำแหน่งของเครื่อง NIRS ที่ใช้วัด	30
3.4	ระดับเปอร์เซ็นต์ของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่างๆกัน	31
4.1	สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติเฉลี่ยแต่ละผล	35
4.2	สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเฉลี่ยแต่ละผล	35
4.3	สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดที่เกิดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเฉลี่ย	36
4.4	แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) แตกต่างกัน	41
4.5	แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีค่าความเป็นกรด (TA) แตกต่างกัน	42
4.6	แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีปริมาณค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรด (TSS/TA) แตกต่างกัน	45
4.7	ผลการทำนายค่า TSS/TA ในกลุ่มสับปะรดที่ใช้ในการสร้างสมการ	46
4.8	ผลการทำนายค่า TSS/TA ในกลุ่มสับปะรดที่ใช้ในการทำนาย	47
4.9	แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่แตกต่างกัน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	แสดงความยาวคลื่นที่สำคัญที่ใช้ในการสร้างสมการของสับปะรดปกติ และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล.....	54
ค1	แผนภูมิแสดง TSS ของสับปะรดปกติ (sound) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning).....	71
ค2	แผนภูมิแสดง TA ของสับปะรดปกติ (sound) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning).....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนทนแล้ง (จารุพันธุ์, 2526) พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก คือ พันธุ์ปัตตาเวีย ปลูกมาบริเวณภาคใต้และ ภาคตะวันออก เป็นที่ต้องการของโรงงานสับปะรด ซึ่งประเทศไทยส่งออกสับปะรดแปรรูปเป็นอันดับ 1 ในปี 2552 ประเทศไทยส่งออกสับปะรดแปรรูปรวมปริมาณ 826,735 ตัน มูลค่า 31,189.7 ล้านบาท (กลุ่มสินค้าเกษตร, 2552) ส่วนในปี 2553 การส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดของไทยมีปริมาณรวม 689,895 ตัน มูลค่า 23,147 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี 2552 ปริมาณลดลง 0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่มูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1 ตามลำดับ และปี 2554 (ม.ค.-มี.ค.) ไทยส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์ปริมาณ 211,673 ตัน มูลค่า 7,299 ล้านบาท เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของ ปี 2553 ปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้น 11.5 เปอร์เซ็นต์ และ 18.9 ตามลำดับ โดยส่วนมากโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดมักจะรับผลผลิตจากสวนของเกษตรกร แต่บางครั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ห่างไกลจากสวนสับปะรดก็จะรับสับปะรดผ่านบริษัทที่จัดส่งและอาจประสบปัญหาอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บในอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาการสะท้านหนาวนี้เป็นลักษณะของอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาอย่างหนึ่ง เป็นลักษณะความเสียหายของผลิตผลเขตร้อนเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (chilling temperature) ในสับปะรดเรียกอาการนี้ว่า อาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) (Collins, 1968) เกิดรอยช้ำสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้แกนผล เซลล์เมมเบรนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ เกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้สารต่างๆรวมทั้งสารประกอบฟีนอล เคลื่อนที่ผ่านเข้าออกจากเซลล์โดยปราศจากการควบคุม ทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidases: PPO) เปลี่ยนสารประกอบฟีนอลเป็นควินโนน (quinine) โดยมีออกซิเจนร่วมในปฏิกิริยา เมื่อควินโนนรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่จะเกิดเป็น สีน้ำตาลขึ้นบริเวณใกล้แกนผลสับปะรด (จักรพงษ์ และ จริงแท้, 2536) สิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้เป็นลักษณะอาการที่เกิดขึ้นภายในผล ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจากลักษณะภายนอก จำเป็นต้องมีการตรวจวัด ด้วยวิธีทำลายจึงจะสามารถคัดแยกได้ ส่งผลให้ประสบปัญหา ในการส่งออกสับปะรดสดเป็นอย่างมาก ปัจจุบันการตรวจวัดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดทำโดยใช้การตรวจวัดปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่ภายในสับปะรด ซึ่งต้องใช้วิธีการคั้นน้ำผลไม้มาก่อนถึงจะทำการตรวจสอบได้ หรือการผ่าสับปะรดเพื่อดูเนื้อสับปะรด ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำลายตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัด ทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตและยังใช้เวลานาน จึงน่าสนใจที่จะนำเอาวิธีการคัดเลือกสับปะรดที่มีอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติและใช้เวลาที่รวดเร็วแบบไม่ทำลายตัวอย่าง เช่น การใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near Infrared Spectroscopy: NIRS)

แสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near Infrared Spectroscopy: NIRS) เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ พิสูจน์และศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร ซึ่งอาจอยู่ในสถานะของแข็งหรือของเหลวก็ได้ โดยดูจากการเกิดการสั่น (vibration) ของโมเลกุล และการดูดกลืนรังสี near infrared ของสาร ในปี ค.ศ. 1939-1945 ได้มีการศึกษาและนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ในปี 2005 Mc Glone and Kawano ได้ทำการนำเอาเทคนิค NIRS มาประยุกต์ใช้ในการหาพื้นที่ที่เกิดสีน้ำตาล ในผลแอปเปิ้ลพันธ์ Braeburn โดยใช้ช่วงความยาวคลื่น 650–950 nm ในการวิเคราะห์ผลใช้วิธี PLS calibration ในการหาความสัมพันธ์ของการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ล จากการทดลองพบว่าได้ผลการทดลองที่ดีสามารถนำไปปรับใช้ในการสร้างเครื่องเพื่อตรวจวัดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลได้ จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำเทคนิควิเคราะห์นี้มาใช้ในการทำนายสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็วและไม่เป็นการทำลายตัวอย่างที่วิเคราะห์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อให้ได้สมการในการทำนายอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดและสามารถนำมาปรับใช้ในกระบวนการคัดคุณภาพของสับปะรดปกติออกจากสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล แบบไม่ทำลายตัวอย่างที่ต้องการวัด โดยใช้เทคนิค NIRS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อให้ได้สมการความสัมพันธ์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยใช้เทคนิค NIRS

3. เพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการคัดแยกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นในการวัดตัวอย่างและนำข้อมูลมาสร้างสมการเพื่อใช้คัดแยกสับปะรดที่มีอาการไส้สีน้ำตาลและ ทำนายระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด นอกจากนี้ทำการสร้างสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ หาอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดของสับปะรด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียแบบไม่ทำลายตัวอย่าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ตรวจสอบคุณภาพภายในของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียของสับปะรดปกติ และคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลแบบไม่ทำลาย และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับคัดแยกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ สามารถพัฒนาและแก้ปัญหาสับปะรดราคาตกต่ำให้แก่เกษตรกรที่ปลูกสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สับปะรด

สับปะรด (*Ananas comosus,* L. Merr.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี (Bartholomew and Kadzimin, 1976) จัดอยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา (จินดารัฐ, 2541) ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย มีช่อดอกที่ส่วนยอดของลำต้น ซึ่งเมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไป โดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ ได้อีก สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดินหรือเรียกว่าไม้ดิน พวกอาศัยอยู่ตามลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับและพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดินแต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือ สามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อย มีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้ ในการปลูกนั้นสับปะรดต้องการอากาศค่อนข้างร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23.9-29.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปีและมีความชื้นในอากาศสูงสับปะรดขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดีแต่ชอบดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเลและชอบที่ลาดท เช่น ที่ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินควรเป็นกรดเล็กน้อย คือ ตั้งแต่ 4.5-5.5 แต่ไม่เกิน 6.0 ในประเทศไทยสามารถปลูกสับปะรดได้เกือบตลอดปี ยกเว้นช่วงฝนตกหนักติดต่อหลายวันเพราะจะเกิดโรคเน่า ควรเตรียมดินให้เสร็จในเดือนธันวาคมและปลูกในเดือนมกราคม-เมษายน ซึ่งมีแสงแดดจ้าและไม่มีฝนตกชุกแต่ดินยังมีความชุ่มชื้นเพียงพอแก่การเจริญเติบโตในระยะแรกอยู่ การปลูกในฤดูฝนควรฝังหน่อให้เอียง 45 องศา เพื่อป้องกันน้ำขังในยอดถ้าปลูกในฤดูแล้งฝังหน่อให้ตั้งตรง หากมีเครื่องมือช่วยปลูกซึ่งเป็นเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายมีดปลายแหลมช่วยเปิดหลุมจะทำให้สะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้จอบ โดยเฉลี่ยแล้วผู้ปลูก 1 คน สามารถปลูกได้วันละ 5,000-7,000 หน่อ การปลูกส่วนใหญ่มักปลูกเป็นแถวคู่ ฝังหน่อให้ลึก 15-20 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูกแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทยอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้ทะเลได้แก่ จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา จันทบุรี ตราดและจังหวัดต่างๆในภาคใต้ เช่น ภูเก็ต พังงา ชุมพร ซึ่งนิยมปลูกในสวนยาง ปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดใน จังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณริมแม่น้ำโขงและอีกหลายจังหวัดในภาคเหนือ การปลูกสับปะรดในพื้นที่ที่อยู่ไกลทะเลนี้จะต้องคำนึงถึงความชื้นในอากาศเป็นสำคัญ เพราะจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลสับปะรด ดังนั้น ควรเลือกปลูกในบริเวณที่มีความชื้นในอากาศสูง เช่น ที่ราบระหว่างภูเขา ที่ลาดเชิงเขาบริเวณใกล้ป่า หรือแหล่งน้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

2.1.1 พันธุ์ที่ปลูกมาในประเทศไทย

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่ง ออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ขนาดโตเต็มที่และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้ (อารยา, 2545)

2.1.1.1 พันธุ์ปัตตาเวีย

พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชาและชื่ออื่น ๆ เช่น สามร้อยยอด ปราณบุรีปลูกกันมากเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญคือ เพชรบุรี ลำปาง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และการปลูกกันทั่ว ๆ ไป เพื่อขายผลสดเพราะมีรสหวานฉ่ำ มีน้ำมาก ลักษณะมีใบสีเขียวเข้มและเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี การสังเกตผลแก่ของสับปะรดพิจารณาได้จากลักษณะภายนอกผล (เกตุอร, 2541) เช่น ผิวเปลือกจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวอมเหลืองอมส้มหรือเขียวเข้มเป็นมัน ใบเล็กๆ ของตาย่อยจะเหี่ยวแห้งเป็นสีน้ำตาลหรือชมพู ตาย่อยจะนูนเด่นชัดเรียกว่าตาเต็ม ร่องตาจะตื้นเต็มที่ขนาดของผลไม่เพิ่มขึ้นอีก ผลสับปะรดแก่จะส่งกลิ่นหอมเฉพาะตัว ความหนาแน่นของผลจะลดลงเมื่อใช้นิ้วดีดหรือไม้เคาะ ถ้าเสียงโปร่งแสดงว่ายังไม่แก่ถ้าเสียงทึบแสดงว่าแก่จัดได้ที่ อีกทั้งอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดของสับปะรดจะเป็นตัวกำหนดรสชาติของผลสับปะรด และยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดความแก่สุกได้อีกด้วย

2.1.1.2 พันธุ์อินทรชิต

เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย ปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไปแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ลักษณะขอบใบจะมีหนามแหลมร่างโค้งงอสีน้ำตาลอมแดง ใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมัน ขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบสีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาว ใต้ใบจะมีสีเขียวออกขาว และมีวาวออกสีน้ำเงินกลีบดอกสีม่วงเข้ม ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย รสหวานอ่อน มี ตะเกียงติดอยู่ที่ก้านผล เปลือกผลเหนียวแน่นทนทานต่อการขนส่งเหมาะสำหรับบริโภคสด

2.1.1.3 พันธุ์ขาว

เป็นพันธุ์พื้นเมืองเกษตร นิยมปลูกพันธุ์นี้ร่วมกับพันธุ์อินทรชิต เข้าใจว่าจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ฉะเชิงเทรา ลักษณะมีใบสีเขียวอมเหลืองหรือเขียว ใบไม้ทรงพุ่มเตี้ยใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิต ขอบใบมีหนามโค้งงอเข้าสู่ปลายใบ โคนกลีบดอกสีม่วงอ่อน ปลายกลีบสีม่วงอมชมพู เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน ผลมักมีหลายจุก คุณภาพของเนื้อไม่ค่อยดีนัก ผลมีขนาดปานกลางน้ำหนักเฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม มีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีตาลึก

2.1.1.4 พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี

ปลูกกันมากในสวนยางจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราชและตราด โดยปลูกระหว่างแถวยางรุ่นที่ยังมีอายุน้อยเพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยาง มีชื่ออื่น ๆ อีกเช่น พันธุ์ชุมพร พันธุ์สวี พันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงในตอนกลางและปลายในขอบใบมีหนามสีแดง แคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิตและพันธุ์ขาวกลีบดอกสีม่วงอ่อน ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กล่าวมา ตาลึกเปลือกหนา เนื้อหวานกรอบสีเหลืองเข้ม เยื่อใยน้อย มีกลิ่นหอมเหมาะสำหรับบริโภคสดเป็นที่นิยมมากในภาคใต้

2.1.1.5 พันธุ์ นางแลหรือน้ำผึ้ง

ปลูกมากในจังหวัดเชียงรายลักษณะคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตานูน เปลือกบางกว่าและรสหวานจัดกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้มมีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคเหนือ ผลมีเปลือกบางมากขนส่งทางไกลไม่ดีนัก แต่โดยส่วนมากแล้วพันธุ์สับปะรดที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานมีเพียง 1 พันธุ์ คือ พันธุ์ปัตตาเวีย (ธงชัย, 2530)

ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดสดได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก และยังส่งออกทำรายได้ให้กับประเทศได้เป็นจำนวนมาก ในปี 2552 ไทยส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด ปริมาณ 690,600 ตัน มูลค่ารวม 23,147 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี 2551 ปริมาณและมูลค่าลดลงร้อยละ 14.1 และ 10.9 ตามลำดับ ส่วนในปี 2553 การส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดของไทยมีปริมาณรวม 689,895 ตัน มูลค่า 23,147 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี 2552 ปริมาณลดลงร้อยละ 0.1 แต่มูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1 ตามลำดับ และปี 2554 (ม.ค.-มี.ค.) ไทยส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์ปริมาณ 211,673 ตัน มูลค่า 7,299 ล้านบาท เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2553 ปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 11.5 และ 18.9 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.1 อีกทั้งในปี 2554 (ม.ค.- มี.ค.) ไทยส่งออกสับปะรดแช่เย็นปริมาณ 442.7 ตัน มูลค่า 7.1 ล้านบาท ปริมาณและมูลค่าลดลงร้อยละ 32.4 และ 13.4 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมา ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สิงคโปร์ โปแลนด์ และเกาหลีใต้

ราคาสับปะรดจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามฤดูกาล โดยช่วงพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงเก็บผลสับปะรดทำให้มีสับปะรดออกสู่ตลาดมากแต่เป็นระยะที่มีผลไม้ชนิดอื่นออกสู่ตลาดมากด้วยทำให้มีการบริโภคสับปะรดน้อยลง ทำให้เกษตรกรขายสับปะรดได้ในราคาต่ำ อีกทั้งยังไม่สามารถเก็บสับปะรดไว้ขายในช่วงที่ราคาสูงได้เพราะเป็นสินค้าที่เน่าเสียง่าย การที่จะระบายสับปะรดสดออกไปต่างประเทศนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสบปัญหาค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากสับปะรดสดเป็นสินค้าที่ต้องใช้พื้นที่มากในการขนส่ง น้ำหนักมาก และเน่าเสียได้ง่ายต้องมีการรักษาคุณภาพในการขนส่ง

ตารางที่ 2.1 การส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดในประเทศไทย

ประเภท	2552		2553		2554(ม.ค.-มี.ค.)		อัตราการเปลี่ยนแปลง(%) 53\52		54/53(ม.ค.-มี.ค.)	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
สับปะรดสดแช่เย็น	2,740.1	31.2	2,149.6	27.9	442.7	7.1	-21.6	-10.6	-32.4	-13.4
สับปะรดแช่แข็ง	646.0	34.3	1,145.3	47.9	322.0	24.6	77.3	39.7	8.8	272.7
สับปะรดแห้ง	273.4	25.2	516.8	62.9	80.8	13.6	89.0	149.6	-55.2	-51.4
สับปะรดกวน	26,556.1	1,518.9	27,232.5	1,738.9	6,480.0	434.1	2.5	14.5	-14.9	-2.6
สับปะรดกระป๋อง	508,970.3	15,013.2	518,974.0	14,684.2	166,435.4	5,017.6	2.0	-2.2	23.6	40.8
น้ำสับปะรด	151,414.3	6,523.7	139,876.5	6,614.0	37,912.1	1,802.1	-7.6	1.4	-18.3	-13.8
รวม	690,600	23,147	689,895	23,176	211,673	7,299	-0.1	0.1	11.5	18.9

ปริมาณ: ตัน/ มูลค่า: ล้านบาท

ที่มา: กรมศุลกากร (2554)

2.2 อาการสะท้านหนาว

อาการสะท้านหนาว (chilling injury) เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่สำคัญส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับพืชเขตร้อนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส และเกิดในพืชเขตหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 – 2 องศาเซลเซียส (จริงแท้, 2541) ลักษณะความเสียหายต่อผลิตผลหรืออาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมีหลายลักษณะ เช่น ผิวหรือเนื้อของผลิตผลเกิดรอยแผลสีน้ำตาลหรือดำ หรืออาจพบรอยปุ่มร่วมด้วย เนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป (Kader, 1996) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว ได้แก่ ชนิดพืช อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา พืชเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน เช่น อโวกาโด แตงกวา ข้าว ข้าวสาลี และมะเขือเทศ แสดงอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10-12 องศาเซลเซียส (Saltveit, 1997) อาการสะท้านหนาวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสลายส่งผลให้อัตราการซึมผ่าน และการรั่วไหลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุมีเพิ่มมากขึ้นในขณะที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำ สำหรับสับปะรดหากเกิดอาการสะท้านหนาวจะเรียกว่า เกิดอาการไส้สีน้ำตาล

อาการสะท้านหนาวของผลไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน การเกิดอาการสะท้านหนาวเป็นผลมาจากการได้รับอุณหภูมิต่ำและอาการจะรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่พืชสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ อาการสะท้านหนาวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆดังต่อไปนี้ (จริงแท้, 2549)

1. เลนติเซลมีสีผิดปกติ (lenticels spotting)

เกิดบริเวณรอบๆ เลนติเซล ซึ่งพบว่ารอบๆ เลนติเซลเปลี่ยนเป็นสีแดง

2. เกิดรอยบุ๋ม (surface pitting)

มักเกิดเป็นบริเวณกว้างและมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ผิวปกติควบคู่ไปด้วยพบได้ในแตงกวาและมะเขือเทศ

3. อาการฉ่ำน้ำ (water soak)

เมื่อเนื้อเยื่อเกิดความเสียหาย ความสามารถในการควบคุม การผ่านเข้าออกของสารจากเซลล์เกิดความผิดปกติไป ทำให้ของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์ซึมออกมา ยังช่องว่างระหว่างเซลล์ ส่งผลให้ผิวของผลผลิตเกิดการเหี่ยวเนื่องจากเซลล์บริเวณผิวเกิดการสูญเสียน้ำและเกิดอาการฉ่ำน้ำขึ้น

4. สีของเนื้อและเปลือกเปลี่ยนไป

เนื้อของผลไม้บางชนิดเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำจะเปลี่ยนจากสีปกติเป็นสีน้ำตาล โดยมักจะเกิดบริเวณรอบๆท่อน้ำและท่ออาหาร การเปลี่ยนสีในลักษณะนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในเซลล์ของพืชบางชนิด ระบบท่อน้ำท่ออาหารอาจจะกลายเป็นสีน้ำตาลได้ สีที่เปลี่ยนมักจะไปในทางที่คล้ำลงกว่าเดิม เมล็ดอาจจะเกิดสีน้ำตาลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การสลายตัวของเนื้อเยื่อ

ทำให้มีสารเมแทบอไลต์ต่างๆ เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล แร่ธาตุต่างๆถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ ทำให้จุลลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียมากขึ้นโดยเฉพาะกับผักผลไม้เขตร้อน การวัดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์สามารถทำได้โดยวัดการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์

6. มีการสุกที่ผิดปกติ

ผลไม้บางชนิดที่เก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางสรีรวิทยาแต่ยังไม่สุก จะมีความผิดปกติในการสุกเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภมิต่ำเป็นเวลานานๆ จะสูญเสียการพัฒนาด้านกลิ่นและรสชาติ

7. การเน่าเสียและการเสียสภาพ

ผลไม้ที่เกิดอาการสะท้านจะอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของจุลลินทรีย์และการกระทบกระเทือนจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ เนื่องจากเซลล์ของพืชได้รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำส่งผลให้เนื้อเยื่อนิ่มลงอันเนื่องจากการเสื่อมสภาพของเมมเบรน

8. อายุการเก็บรักษาสั้นลง

9. ส่วนประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป

10. ขาดคุณสมบัติในการเจริญต่อเนื่อง

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวหรืออาการไส้สีน้ำตาล

อาการไส้สีน้ำตาล (internal browning หรือ endogenous brown spot หรือ black heart) หรืออาการสะท้านหนาว เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่สำคัญสามารถพบได้ทั้งในสับปะรดและผักผลไม้หลายชนิด ซึ่งเป็นลักษณะความเสียหายและอาการผิดปกติที่เกิดจากการรักษาในอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (chilling temperature) โดยสับปะรดจะแสดงอาการให้เห็นเป็นแถบสีน้ำตาลบริเวณใกล้กับแกนผลก่อนและมากกว่าบริเวณเนื้อผลส่วนอื่นๆ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดอินทรีย์ (organic acid) และกรดแอสคอบิคต่ำ แล้วจึงค่อยๆขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส (Kader, 1996) อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาสับปะรดเพื่อป้องกันไม่ให้สับปะรดเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเป็นดังนี้ สับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ที่มีผลสีเขียวควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 85-95 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 1-2 สัปดาห์ (Kader, 1996) หากเก็บรักษาสับปะรดไว้ที่อุณหภูมิ ต่ำกว่าที่ได้กล่าวมาจะทำให้ประสบปัญหาอาการไส้สีน้ำตาล Abdullah et al. (1987) เก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดอาการไส้สีน้ำตาลอย่างรุนแรงภายใน 10 วัน แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลจะลดลง และเมื่อย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียส จะยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลได้ เช่นเดียวกัน ดารา (2530) พบอาการไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตไส้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 17 วัน

อิษยา และจริงแท้ (2551) ได้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพบว่าปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในผลสับปะรดมีความผกผันกับอาการไส้สีน้ำตาลที่เกิดขึ้น จึงกล่าวได้ว่าปริมาณแคลเซียมเป็นปัจจัยหนึ่งในการเกิดของอาการไส้สีน้ำตาลได้ด้วย

2.2.2 สมมติฐานการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์

ในปัจจุบันยังไม่มีคำอธิบายหรือคำตอบที่ชัดเจนถึงสาเหตุของการเกิดอาการสะท้านหนาว สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาวมีอยู่หลายประการ แต่สมมติฐานที่ได้รับความเชื่อถือและสนใจมากที่สุดคือว่า อุณหภูมิต่ำมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยให้เหตุผลว่าเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบไปด้วยชั้นของฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และโปรตีน โดยฟอสโฟลิปิดเรียงตัวกันอยู่เป็นสองชั้นและหันด้านหางที่ไม่มีขั้ว (non-polar) เข้าหากันในระหว่างชั้นของฟอสโฟลิปิดมีโมเลกุลของโปรตีนแทรกอยู่ เยื่อหุ้มเซลล์เหล่านี้มีหน้าที่สำคัญคือควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ในกรณีที่ผลิตผลซึ่งไม่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง กรดไขมันประเภทอิ่มตัวซึ่งเป็นองค์ประกอบของฟอสโฟลิปิดจะเปลี่ยนสภาพทางกายภาพจากลักษณะที่อ่อนตัว (lipuid crystalline) มาเป็นลักษณะของแข็ง (solid gel) ทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มนั้นเสื่อมลง ไม่สามารถทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆได้และทำให้ปฏิกิริยาต่างๆภายในเซลล์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่างๆตามมา เช่น ไม่สามารถหายใจตามปกติได้ ไม่สามารถสร้าง ATP ได้และมีการสะสมของสารพิษทำให้ผลผลิตเสื่อมคุณภาพลงและตายไปในที่สุด นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังกระตุ้นเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้ทำงานได้มากขึ้น จึงทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่รั่วไหลเนื่องจากการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ เข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในแวคิวโอล (vacuole) จนเกิดเป็นสารโมเลกุลใหญ่และปรากฏให้เห็นเป็นสีน้ำตาล ส่วนในผลิตผลที่ทนต่ออุณหภูมิต่ำจะมีกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เป็นส่วนใหญ่ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำก็ยังสามารถรักษาสถานะที่อ่อนตัวของเยื่อหุ้มต่างๆอยู่ได้ จึงไม่เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา (Lyons, 1973) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า กรดแอสคอบิคมีบทบาทต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล โดยพบว่าปริมาณกรดแอสคอบิคในผลสับปะรดลดลงเมื่อเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Soler, 1992) เนื่องจากกรดแอสคอบิคเป็น reducing agent จึงสามารถรีดิวซ์ควินโนนทำให้ไม่มีควินโนนที่จะมารวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่และเกิดเป็นสารสีน้ำตาล ดังนั้นสับปะรดจึงไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Abdullah et al., 1987)

2.2.3 สมมติฐานการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลจากการเพิ่มขึ้นของอนุมูลเสรี (free radicals)

อนุมูลเสรี คือ อะตอมหรือกลุ่มของโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนที่ไร้คู่หรือไม่สมดุลจากสูตรโครงสร้างที่มีอิเล็กตรอนไร้คู่นี้ ทำให้อนุมูลเสรีมีคุณสมบัติเป็น paramagnetic ซึ่งสามารถดึงเอาอิเล็กตรอนหรือ hydroxyl radical จากอะตอมหรือโมเลกุลอื่นเข้ามาจับคู่ในออร์บิทอลเพื่อทำให้ตัวเองเสถียรในปัจจุบันได้มีการตั้งสมมติฐานขึ้นมาใหม่ว่าอุณหภูมิต่ำกระตุ้นให้เกิดการสร้างอนุมูลเสรี (free radicals) โดยให้เหตุผลว่าการเพิ่มขึ้นของอนุมูลเสรีทำให้เกิดความเสียหายกับโปรตีน ไขมันดีเอ็นเอ และโดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากอนุมูลเสรีเหล่านี้มีอิเล็กตรอนไร้คู่ จึงทำให้สามารถดึงอิเล็กตรอนหรือ hydroxyl radical จากอะตอมหรือโมเลกุลอื่นๆเพื่อทำให้ตัวเองเกิดความเสถียรดังนั้นจึงทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพไม่สามารถทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆได้ รวมถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ปฏิกิริยาต่างๆภายในเซลล์ไม่สามารถเกิดได้ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่างๆตามมา เช่น ไม่สามารถหายใจตามปกติ ไม่สามารถสร้าง ATP ได้ และมีการสะสมของสารพิษทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพลงและตายไปในที่สุด เช่นเดียวกับสมมุติฐานแรกที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยปกติอนุมูลเสรีสามารถเกิดขึ้นเองได้จากกระบวนการต่างๆภายในเซลล์ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน หรือ การออกซิไดส์ของเอนไซม์ สารแต่ละตัวมีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาหรือออกซิไดส์โมเลกุลอื่นๆให้กลายเป็นอนุมูลเสรีได้แตกต่างกัน (อ้อมอรุณ, 2547)

2.2.4 วิธีแก้ไขอาการสะท้านหนาวหรืออาการไส้สีน้ำตาลในปัจจุบัน

2.2.4.1 การให้ความร้อน

Sabehat et al. (1996) รายงานว่าการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวอย่างรุนแรง (ประมาณ 86 เปอร์เซ็นต์) แต่หากนำผลมะเขือเทศมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาวได้

2.2.4.2 การลดอุณหภูมิอย่างช้าๆ

Woolf et al. (2002) พบว่า การเก็บรักษาอะโวกาโดที่อุณหภูมิ 6-8 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วันก่อนนำไปรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ สันนิษฐานว่าการลดอุณหภูมิอย่างช้าๆอาจช่วยเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฟอสโฟลิปิด ทำให้สามารถรักษาสภาพทางกายภาพที่อ่อนตัวของเยื่อหุ้มต่างๆได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง จึงช่วยเพิ่มความทนทานต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (จริงแท้, 2541)

2.2.4.3 การเก็บรักษาในอุณหภูมิสลับ

Patterson et al. (1978) รายงานว่าการเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ก่อนแล้ว ย้ายไปเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาผลิตผลในอุณหภูมิสลับระหว่างอุณหภูมิที่เกิดอาการผิดปกติกับอุณหภูมิที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า อาจมีผลทำให้แอลกอฮอล์ ที่เป็นพิษ ซึ่งสะสมในผลเมื่ออุณหภูมิต่ำระเหยหายไปเมื่อย้ายไปที่อุณหภูมิสูง จึงไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (จริงแท้, 2541)

2.2.4.4 การใช้สารเคลือบผิว

Paull and Rohrbach (1985) พบว่าการใช้สารเคลือบผิว paraffin-polyethylene (FMC stafresh 7055) ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลได้ เนื่องจากไขมันจากสารเคลือบผิวจะ แทรกซึมเข้าสู่ภายในเซลล์พืชจึงช่วยจำกัดการถ่ายเทอากาศ ทำให้ภายในผลมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ส่งผลให้เอนไซม์ PPO ทำงานได้น้อยลง สารประกอบฟีนอลจึงไม่ถูกออกซิไดส์และไม่เปลี่ยนเป็นสารสีน้ำตาลจึงไม่เกิดอาการผิดปกติ

2.2.4.5 การควบคุมสภาพบรรยากาศทั้งการลดปริมาณออกซิเจนหรือเพิ่มปริมาคาร์บอนไดออกไซด์

Pesis et al. (1994) รายงานว่า การเก็บรักษาอะโวกาโดภายใต้สภาพบรรยากาศควบคุมที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ (ออกซิเจน 3 เปอร์เซ็นต์ และ ไนโตรเจน 97 เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ได้ เหตุผลเช่นเดียวกับการใช้สารเคลือบผิว เพราะเนื่องจากการควบคุมปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศให้ต่ำกว่าปกติจะทำให้มีปริมาณออกซิเจนผ่านเข้าสู่ผลน้อยกว่าปกติ

อย่างไรก็ตามวิธีการต่างๆดังกล่าวส่วนใหญ่ให้ผลน่าพอใจสำหรับสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในกลุ่ม Smooth Cayenne แต่ใช้ไม่ได้ผลสำหรับสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตในกลุ่ม Queen สันนิษฐานว่าเนื่องจากปริมาณแอสคอบิคในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตต่ำกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย (จักรพงษ์, 2535)

แต่เนื่องจากการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรยังมีความจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ภายใต้อุณหภูมิต่ำเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพผลิตผลได้จนถึงปลายทาง ดังนั้นจึงได้มีการศึกษากาวิธีการต่างๆที่จะนำมาใช้แก้ไขปัญหาอาการสะท้านหนาวหรืออาการไส้สีน้ำตาลที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Near Infrared Spectroscopy (NIRS)

หลักการโดยพื้นฐานของเครื่องสเปกโตรสโคปี คือ เมื่อลำแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังสารละลายหรือวัตถุจะมีแสงบางส่วนถูกดูดกลืน (absorbed) บางส่วนทะลุผ่านออกไป (transmitted) บางส่วนเกิดการสะท้อนกลับ (reflected) บางส่วนเกิดการวาวแสงหรือเกิดการเรืองแสง และบางส่วนอาจเกิดการกระเจิงแสงในการดูดกลืนแสงย่านอินฟราเรดของโมเลกุลสารอินทรีย์ (นิพนธ์,2547) ช่วงคลื่นอินฟราเรดสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 การแบ่งช่วงคลื่นย่านอินฟราเรด

ช่วงคลื่น	Characteristic transition	ความยาวคลื่น (mm)	เลขคลื่น (cm^{-1})	ประโยชน์
อินฟราเรดย่านใกล้ (near IR, NIR)	Overtones combination	780-2500	12800-4000	วิเคราะห์ปริมาณของกลุ่มฟังก์ชันนัล ศึกษาโครงสร้างของโมเลกุล
อินฟราเรดย่านกลาง (Mid IR, MIR or Fundamental IR)	Fundamental vibration	$2500\text{-}5x10^4$	4000-200	วิเคราะห์หาปริมาณของกลุ่มฟังก์ชันนัล
อินฟราเรดย่านไกล (Far IR)	Rotation	$5x10^4\text{-}10^6$	200-100	ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทรานสิชันที่เกี่ยวกับการหมุนของโมเลกุล

ที่มา : นิพนธ์ (2547)

Near Infrared เกิดจากที่สารดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง near Infrared คือ 785-2650 นาโนเมตร ทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นที่ความถี่สูง โมเลกุลจะถูกกระตุ้นจาก ground vibration level ไปยัง excited vibration level ปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสง (absorbance) เป็นไปตามกฎของ เบียร์-แลมเบิร์ต พลังงานของคลื่นแสงเมื่อผ่านเข้าไปในตัวอย่างพลังงานจะถูกดูดกลืนไว้โดยองค์ประกอบทางเคมีใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาโดยทั่วไปจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีนั้น (Osborne et al., 1993) สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้จะมี H-atom เป็นองค์ประกอบ เช่น O-H พบในแป้ง น้ำ น้ำตาล

2.3.1 หลักการวัดของเครื่อง NIRSมีด้วยกันหลายเทคนิคคือ

2.3.1.1 Transmission

เป็นการวัดปริมาณแสงที่ผ่านออกมาในด้านตรงกันข้ามกับด้านที่แสงตกกระทบ

2.3.1.2 Reflection

แสงตกกระทบที่พื้นผิวของตัวอย่าง วัดปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาโดยรวมถึงแสงที่สะท้อนจากเนื้อตัวอย่างส่วนที่ใกล้ผิวตัวอย่างได้อีกด้วย

2.3.1.3 Transflection

แสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบตัวอย่าง ผ่านตัวอย่างลงไปตกกระทบแผ่นเซรามิก ทอง หรืออะลูเนียมในชั้นใต้สุดแล้วสะท้อนกลับมายัง detector

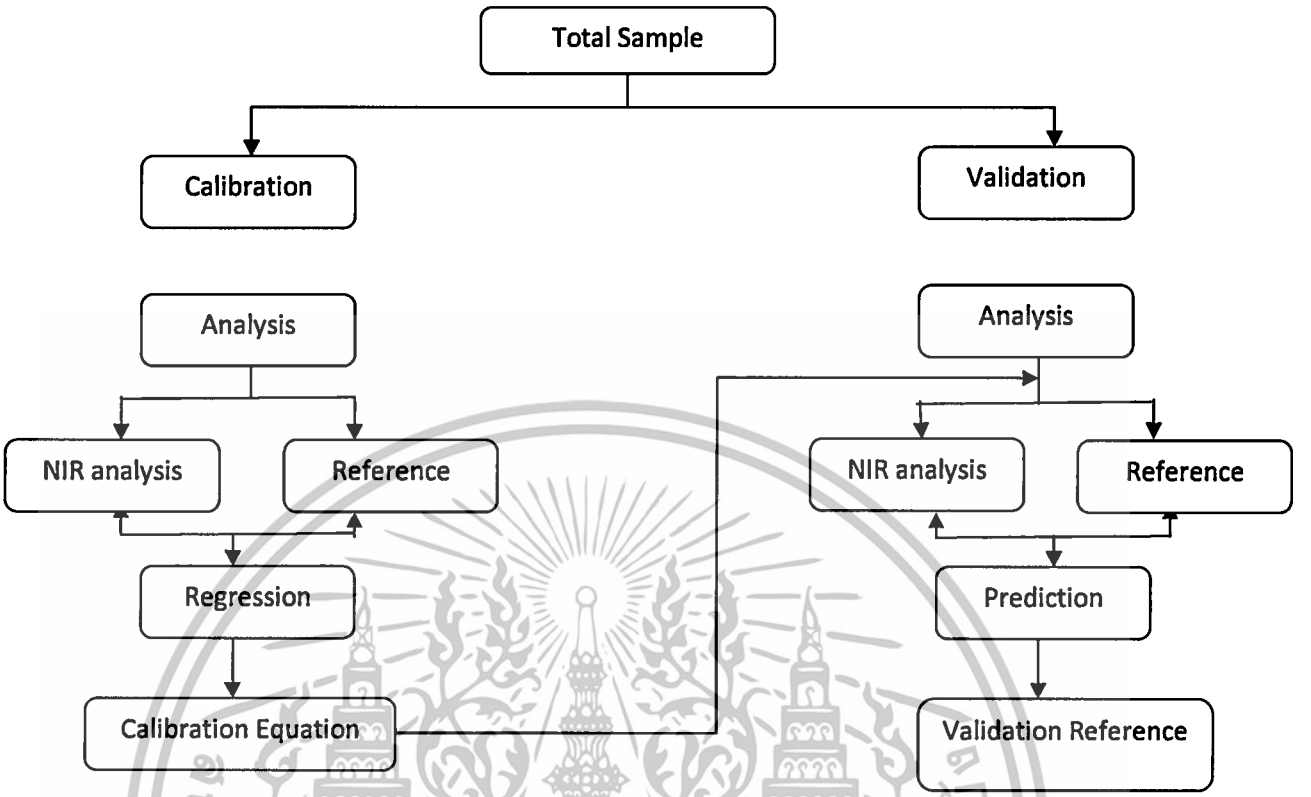
2.3.1.4 Interaction

ใช้ในกรณี fiber optics probe แสงจากแหล่งกำเนิดแสงย่าน NIR ส่องผ่านลงมายังตัวอย่างในวงแหวนด้านนอก แล้วแสงที่สะท้อนออกมาจากเนื้อตัวอย่างถูกส่งไปยัง detector บริเวณส่วนกลาง

ในการใช้เครื่อง NIRS ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมาแปลงเสียก่อนจึงจะได้ข้อมูลที่ต้องการ (Downey, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม NIRS

ที่มา: Kawano et al. (1995)

2.3.2 การทำ Calibration

สเปกตรัม NIR ที่ได้ซึ่งก็คือปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสงที่ช่วงความยาวคลื่นในย่าน near infrared จะมีจุดยอดไม่ชัดเจนเนื่องจากการซ้อนทับกันของจุดยอดหลายๆค่า วิธีการ calibrating statistics หลายวิธีสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เช่น multiple linear regression (MLS), partial least squares regerssion (PLS) หรือ principal components regression (PCR) เป็นต้น โดยวิธีดังกล่าวจะวิเคราะห์หาความยาวคลื่นของสเปกตรัมที่มีปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสงสัมพันธ์กับปริมาณองค์ประกอบทางเคมี จำนวนตัวอย่างที่จะใช้ในการวัด NIRS จะต้องมีจำนวนมากพอที่จะเป็นตัวแทนตัวอย่างทั้งหมดได้ และมีการกระจายค่าขององค์ประกอบทางเคมีที่ต้องการวัดสม่ำเสมอ และคลุมค่าที่จะวัดในอนาคตโดยตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ calibration set กับ validation set

122965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ Test set จำนวนตัวอย่างของ calibration set มีมากกว่าตัวอย่างของ validation set เสมอ การทำ calibration ในปัจจุบันนี้สามารถใช้เทคนิคทางสถิติช่วย เช่น MLR หรือ PLS ช่วยในการเลือกสมการที่เหมาะสมมากที่สุดโดยสมการที่ได้ต้องพิจารณาค่า standard error of calibration (SEC) และค่า R ประกอบด้วยจากนั้นมาทำ validation โดยใช้สถิติเช่นเดียวกันโดยพิจารณาค่า standard Error of prediction (SEP) และค่า Bias ประกอบ นอกจากนั้นดูค่า skewness ด้วยการเลือกสมการที่เหมาะสมเป็นหัวใจสำคัญของการใช้เทคนิค NIRS ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการเลือกสมการที่ได้จะนำมาใช้ประโยชน์ โดยทดสอบการทำนายค่าจากตัวอย่างที่เป็นอิสระว่าสามารถทำนายค่าได้ถูกต้องหรือไม่ (Kawano et al., 1995)

2.3.3การแปลงข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ (pretreatment of spectral data)

สเปกตรัมที่ได้จากการดูดกลืนแสงในย่านอินฟราเรด เป็นสเปกตรัมที่มีการเหลื่อมซ้อนทับกันอยู่ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงนำไปปรับแต่งด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ก่อนเพื่อลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง วิธีที่นิยมใช้มี 2 วิธีคือ

2.3.3.1 First derivative

เป็นการหาความชันของสเปกตรัมซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาที่สเปกตรัมมีค่าเพิ่มขึ้นคงที่ตลอดช่วงความยาวคลื่น (การเคลื่อนตัวของสเปกตรัมตามแกน Y) การทำ first derivative จุดยอดของสเปกตรัมเริ่มต้นจะเป็นจุดที่มีความชันมากที่สุด ซึ่งทำให้การแปลความหมายยากดังนั้นจึงนิยมใช้ second derivative มากกว่า first derivative นิยมใช้กับตัวอย่างที่มีเนื้อสม่ำเสมอและการกระจายตัวของอนุภาคทั่วถึง เช่น แป้งสาลีที่บดละเอียด การคำนวณ first derivative อีกวิธีหนึ่งคือการนำความชันของสเปกตรัมในแต่ละ segment ที่ติดกันมาลบกัน

2.3.3.2 Second derivative

การใช้ second derivative จะเป็นการหาความเปลี่ยนแปลงความชันของสเปกตรัม สเปกตรัมที่ได้จะมีรูปร่างที่แตกต่างจากสเปกตรัมเริ่มต้นเมื่อใช้ second derivative จะมีจุดยอดที่เป็นบวกในด้านซ้ายและด้านขวาส่วนจุดยอดตรงกลางจะอยู่ในด้านตรงกันข้าม (ซึ่งเป็นค่าลบ) ที่สูงสุดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงกับจุดยอดเริ่มต้นการหาการเปลี่ยนแปลงของความชันสามารถแยกจุดยอดที่เหลื่อมซ้อนกันอยู่ออกมา และยังช่วยลดผลกระทบจากการกระเจิงแสงทั้งผลเชิงบวกและผลเชิงคูณ เนื่องจาก second derivative ของเส้นตรงมีค่าเป็นศูนย์

2.3.4 Multiplicative scatter correction (MSC)

สเปกตรัมที่ได้จากการวัดการดูดกลืนแสงย่าน NIRS แบบ diffuse reflectance และแบบ transmission มักจะเกิดการกระเจิงแสงดังนั้นจึงต้องใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ MSC มาปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้อง การกระเจิงของแสงทำให้ความชันโดยรวมของสเปกตรัมเปลี่ยนไป เช่น ถ้าให้สเปกตรัมเป็นเส้นตรงสเปกตรัมจะถูกทำให้หมุนรอบจุดที่ความยาวคลื่นต่ำสุดของสเปกตรัม (multiplicative effect) ซึ่งจะทำให้สเปกตรัมที่ได้มีความชันต่างไปจากเดิม หรือทำให้ผลกระทบที่ทำให้สเปกตรัมทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่ากันตลอดช่วงความยาวคลื่นซึ่งเรียกว่า additive effect ในทางปฏิบัติ MSC ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อลดผลที่เกิดจาก multiplicative effect และ additive effect การใช้ MSC นั้นใช้ได้ดีกับสเปกตรัมของตัวอย่างที่มีค่าทางเคมีเหมือนกันและสเปกตรัมมีรูปร่างลักษณะเหมือนกัน แต่ถ้ารูปร่างสเปกตรัมแตกต่างกันมาก การใช้ MSC ก็ไม่ช่วยให้ผลจากการวิเคราะห์ดีขึ้น (Schulz et al., 1998)

2.3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เทคนิค NIRS

2.3.5.1 ขนาดของอนุภาค

เนื่องจากขนาดของตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับการดูดกลืนแสงซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติขององค์ประกอบของสาร และจะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไม่ใช่ค่าจริง ขนาดของอนุภาคยังขึ้นอยู่กับการเตรียมตัวอย่างเพราะจะทำให้การวัดค่าองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน จึงควรใช้การเตรียมตัวอย่างแบบเดียวกันทุกครั้งที่ทำการวัดและควรให้มีขนาดใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของตัวอย่างระหว่างการวัดโดยใช้ NIRS อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัดองค์ประกอบทางเคมี ได้มีการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในพริกหยวกพบว่าเมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างที่ -5 องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อที่วัดได้จะสูงกว่าการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส แต่เมื่อวัดค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างที่ 45 องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อที่วัดได้จะต่ำกว่าค่าจริง 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Guyer et al., 2006) ทำการแก้ได้โดยควบคุมอุณหภูมิของห้องทดลองให้คงที่

2.3.5.3 ความชื้น

เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าองค์ประกอบทางเคมี ความชื้นอาจสูญเสียไปได้จากการเตรียมตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง ได้มีการศึกษาความแปรปรวนของความชื้นในลูกพลัมพบว่า ลูกพลัมที่มีความชื้นสูงจะทำให้การอ่านค่าผิดไปจากค่าจริงมาก (Greensill and Walsh , 2000)

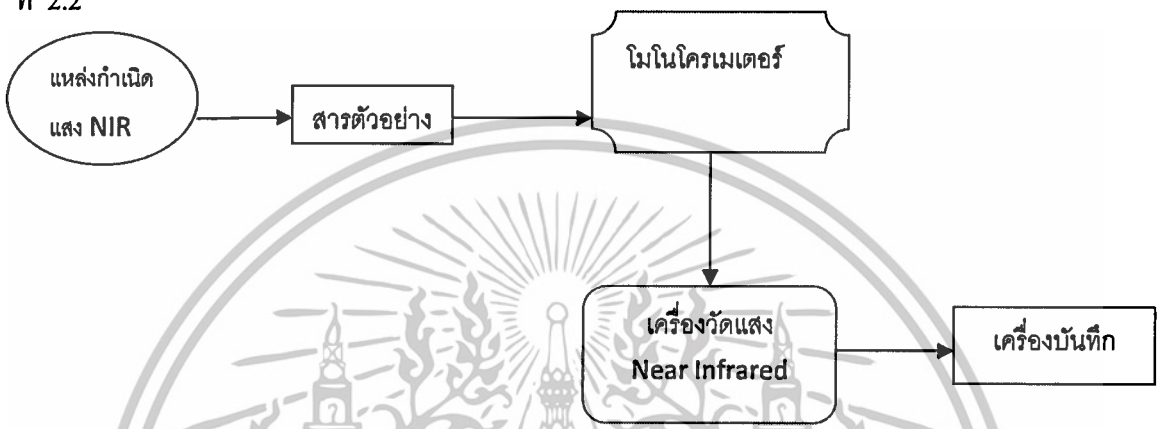
2.3.5.4 เกรด สายพันธุ์ ฤดูกาลและสถานที่

ความแตกต่างทางเกรด สายพันธ์ ฤดูกาลและสถานที่เก็บก็เป็นปัจจัยที่ทำให้การวัดค่าองค์ประกอบของตัวอย่างผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงควรมีการคัดเลือกตัวอย่างให้สม่ำเสมอตลอดทั้งการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 ส่วนประกอบของเครื่อง NIRS

ส่วนประกอบของเครื่อง NIRS ลักษณะของการจัดอาจแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการออกแบบและความต้องการการใช้งานของผู้ออกแบบ แต่ส่วนประกอบหลักที่มีความสำคัญดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง NIRS
ที่มา: พัลลภ (2544)

2.3.6.1 ต้นกำเนิดแสง NIRS

ที่ใช้กันทั่วไปนั้นเป็นของแข็งที่เฉื่อยซึ่งสามารถเผาให้ร้อนด้วยไฟจนมีอุณหภูมิที่ต้องการได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะให้แสงมีความเข้มสูงสุดที่ความถี่ตามที่ผู้ออกแบบต้องการ

2.3.6.2 ช่องที่วางตัวอย่างเพื่อวัด

ส่วนที่บรรจุตัวอย่างแล้วนำไปใส่ช่องที่สำหรับวัด ซึ่งส่วนนี้จะมีฝาปิดเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกเข้าไป และถูกกั้นออกจากส่วนที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบแสง

2.3.6.3 โมโนโครเมเตอร์ (monochromator)

ส่วนประกอบนี้เป็นหัวใจของเครื่อง NIRS เพราะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก (เป็นแสงที่ประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆ) ให้เป็นแสงโมโนโครเมติกซึ่งเป็นแสงแคบๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.4 เครื่องวัดแสง near infrared (NIR detector)

2.3.6.5 เครื่องขยาย-แยกสัญญาณและประมวลผล

สัญญาณที่ได้จากเครื่องจะนำเข้าไปเข้ากระบวนการของระบบอิเล็กทรอนิกส์ อาจมีการกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไปหรือนำสัญญาณที่ได้ไปแยกออก

2.3.7 ข้อดีและข้อจำกัดของการวัดโดยใช้เทคนิค NIRS

ข้อดี

1. ง่ายต่อการเตรียมตัวอย่าง
2. มีความรวดเร็วในการวัดค่า
3. ได้ผลที่แม่นยำและถูกต้อง
4. การตรวจสอบเป็นแบบไม่ทำลายตัวอย่าง
5. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ
6. สะดวกต่อการใช้งาน

ข้อจำกัดของการวัด

1. ข้อมูลการสะท้อนกลับของแสงขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง รูปร่างการบรรจุ และความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง หากตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกันส่งผลให้ความถูกต้องของการวิเคราะห์ต่ำลง

2. เกิดการรบกวน

เนื่องจากกลุ่มไฮดรอกซิลหรือมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความชื้นภายในตัวอย่าง หากความชื้นในตัวอย่างเปลี่ยนไปจะทำให้สเปกตรัมของสารเปลี่ยนไปด้วย (Gunasekaran, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การตรวจสอบ

ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการวิเคราะห์ ถึงแม้จะเป็นตัวอย่างเดียวกันแต่หากทำที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันก็จะทำให้ได้ค่าสเปกตรัมที่ไม่เท่ากัน

4. ค่าใช้จ่ายมีราคาแพง

การใช้ NIRS สามารถใช้ทำการวิเคราะห์ผลได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถวัดค่าองค์ประกอบทางเคมีได้หลายๆค่าโดยใช้เวลาไม่นาน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดแบบเก่าที่ยังคงใช้ในปัจจุบันแล้ว วิธี proximate analysis ต้องใช้เวลาหลายวันถึงจะทราบผลทั้งหมด ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าในการแก้ไขและการทำงาน นอกจากนั้นการใช้วิธีการทางเคมียังเสี่ยงต่ออันตรายที่เกิดจากสารเคมี แต่การใช้ NIRS นั้นจะช่วยลดระยะเวลาวิเคราะห์ให้สั้นลง ทำให้สามารถควบคุมขบวนการผลิตได้อย่างใกล้ชิด แก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที ไม่เป็นการทำลายตัวอย่างที่ทำการวัด จึงไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิตอีกด้วย และยังสามารถใช้ NIRS ในลักษณะ online ซึ่งสามารถควบคุมทั้งระบบได้ง่ายและไม่ยุ่งยากจากคุณสมบัติที่ดีของการใช้เทคนิค NIRS นี้จึงทำให้เริ่มมีผู้นำเทคนิคนี้มาใช้ในผักและผลไม้หลายชนิด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จริงแท้ และ อ้อมอรุณ (2546) การศึกษาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต และ อุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจสอบทุกๆ 7 วันทำการการวิเคราะห์เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระ พบว่าโพลีฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลให้เป็นควินโนนแล้วรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาลนั้นน่าจะเป็นเพียงปัจจัยควบคุมการแสดงออกของอาการ

จริงแท้ (2553) ได้ทำการเก็บรักษาผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองและปัตตาเวียที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ผล วิเคราะห์องค์ประกอบของเยื่อหุ้มไมโตคอนเดรียที่สกัดได้จากเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับปะรด 2 พันธุ์ พบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในพันธุ์ตราดสีทองไขมันอิ่มตัวลดลงในขณะที่ไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น ส่วนในพันธุ์ปัตตาเวียไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง มีระบบต้านอนุมูลอิสระด้อยกว่าในพันธุ์ปัตตาเวีย ทำให้มีอนุมูลอิสระที่จะส่งผลเสียหายต่อเยื่อหุ้มต่างๆ มากกว่า นอกจากนี้ระหว่างการเก็บรักษาพันธุ์ตราดสีทองยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากขึ้นทำให้ง่ายต่อการเข้าทำลายจากอนุมูลอิสระมากกว่า จากผลการทดลองพบว่าสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองจึงมีความอ่อนแอและแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย

นิภาดา และ มาระตรี (2553) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 วัน พบว่าสับปะรด มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์ปัตตาเวีย ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±5 เปอร์เซ็นต์มีการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนัก และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นตลอดเวลาการเก็บรักษา ขณะที่การเปลี่ยนแปลงค่าสี (L*, b* และ C) การยอมรับของผู้บริโภคและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ลดลงตลอดเวลาการเก็บรักษา การเก็บรักษาสับปะรดในสภาพดังกล่าว สามารถเก็บรักษา 9 วันเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Kawano et al. (1993) ได้ทำการทดลองหาค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้มโดยใช้เทคนิค NIRS แบบส่องผ่านพบว่าสามารถทำนายค่าความหวานได้อย่างแม่นยำที่ SEP = 0.32 ในปี 1995 ได้ศึกษาถึงอุณหภูมิต่อการวัดค่าของแข็งที่ละลายได้ของพืช โดยใช้เทคนิค NIR สแกนผลพืชพันธุ์ Shimizu Hakuto ในช่วงคลื่น 680-1235 nm ควบคุมอุณหภูมิของผลไม้โดยใช้อ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 21 26 และ 31 องซาเซลเซียส พบว่าสมการคารีเบชั่นที่สร้างจากตัวอย่างที่อยู่ในช่วงอุณหภูมิคงที่จะวัดตัวอย่างที่มีอุณหภูมิหลากหลายได้ค่าไม่คงที่ สเปกตรัมที่ได้มีผลกระทบจากอุณหภูมิของตัวอย่าง เช่น เมื่อตัวอย่าง มีอุณหภูมิสูงขึ้น การดูดกลืนแสงที่ 841 และ 966 nm จะมีค่ามากขึ้นอันเนื่องมาจากน้ำเนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเกิดอิทธิพลต่อน้ำ ดังนั้นน้ำจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควรจะคำนึงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kawano et al. (1992) ได้ทำการศึกษาการหาปริมาณน้ำตาลโดยใช้ NIRS ด้วย fiber optic probe ในผลพืชพันธุ์ *Shimizu Hakuto* ในช่วงความยาวคลื่น 680-1235 nm พบว่าสเปกตรัมที่ปรับแต่งด้วย second derivative ที่ค่า Brix สูง กลาง ต่ำ พบความยาวคลื่นที่ 906 nm ในสมการ calibration ค่า correlation coefficient สูงสุดอยู่ที่ 0.97

ศิรินนภา และคณะ (2544) ได้พัฒนาสมการ PLS calibration สำหรับประเมินค่า °brix และน้ำหนักแห้งของมะม่วง โดยใช้ข้อมูลจากสมการ MLR calibration

Chen and Nattuvetty (1980) ได้ศึกษาการส่งผ่านทะลุของแสงผ่านผลไม้โดยไม่ได้รับความเสียหายกับผลไม้โดยการใช้แสงที่ อยู่ในช่วงที่สายตามองเห็นและใช้ fiber optic เป็นตัวกลางในการส่งผ่านแสงไปยังผลไม้ และรับแสงส่งไปยัง detector ในการผ่านทะลุผลไม้เพื่อประเมินค่าที่ได้จากการทดลอง พบความเปลี่ยนแปลงในการทดสอบรอบของผลไม้ และระยะห่างของผลกระทบระหว่างจุด incident และจุด detection และความลึกที่ทะลุเพื่อวัดค่าที่รับแสงผ่านทะลุในผลไม้

รณฤทธิ์ และคณะ (2553) ได้ทำการตรวจสอบความผิดปกติของการเกิดอาการฉ่ำน้ำที่ไส้ในผลสาลี่ด้วยเทคนิค NIRS ทำการสร้างสมการคัดแยกผลสาลี่ที่มีความผิดปกติเกิดอาการฉ่ำน้ำที่ไส้ออกจากผลสาลี่ปกติ ในช่วงคลื่น 700-850 nm ใช้การวัดแบบทะลุผ่าน พบว่าสามารถคัดแยกได้มีความแม่นยำ 95 เปอเซ็นต์

วารุณี และคณะ (2551) ได้นำมะม่วงน้ำดอกไม้มาทำให้เกิดไข่และหนอนแมลงวัน นำมาสร้างสมการการคัดแยกมะม่วงที่มีการปนเปื้อนไข่และหนอนแมลงวันออกจากมะม่วงปกติ โดยใช้เทคนิค NIRS พบว่ามีความถูกต้องแม่นยำ 96 และ 98 เปอร์เซ็นต์

ปาริชาติ และคณะ (2551) ได้นำเทคนิค NIRS มาใช้ในการวัดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ถูกทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว ในความยาวคลื่นช่วง 700 - 1,100 nm ร่วมกับการวัดการไหลของสารอิเลกโตรไลต์จากเนื้อมะม่วงเริ่มต้นและเก็บรักษาแล้ว 15 และ 30 วัน วิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมด้วยวิธี PCA พบว่ามะม่วงที่เกิดอาการสะท้านหนาวมีการตอบสนองต่อแสงเนียร์อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kleynen and Destain (2005) ได้ทำการพัฒนาระบบ multi-spectral vision สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของผลแอปเปิ้ล โดยใช้เทคนิค NIRS โดยแบ่งแอปเปิ้ลเป็น 4 ระดับในการตรวจสอบตามความรุนแรงของความเสียหายในผลแอปเปิ้ล พบว่าสามารถระบุความผิดปกติของผลแอปเปิ้ลได้ที่ช่วงความยาวคลื่น 450, 750 และ 800 nm

Mc Glone and Kawano (2005) ได้ทำการนำเอาเทคนิค NIRS มาประยุกต์ใช้ในการหาพื้นที่ที่เกิดสีน้ำตาลในผลแอปเปิ้ล หาสมการที่เหมาะสมในการปรับปรุงเป็นระบบ online ต่อไปในการวัดใช้ช่วงความยาวคลื่น 650–950 nm การคำนวณใช้วิธี PLS calibration ในการหาความสัมพันธ์ของการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ล ได้ค่า R ประมาณ 0.7–0.9 และพบว่าเมื่อใช้ระบบ large aperture spectrometer (LAS) ได้ค่า R ประมาณ 0.9, RMSEP ประมาณ 4.1 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่าสามารถนำไปปรับใช้ในการสร้างเครื่องเพื่อตรวจวัดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลได้

Mc Glone and Kawano (1998)ได้ประเมินความแน่นเนื้อ น้ำหนักแห้งและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลกีวีโดยใช้เทคนิค NIRS ทำการวัดผลกีวีจากแหล่งต่างๆกันทั้งหมด 5 กลุ่ม ในช่วงคลื่น 400- 700 nm และ 700-1,000 nm นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธี PLS โดยโปรแกรม unscrambler พบว่า ตัวอย่างที่นำมาวัดควรจะมีความหลากหลายในด้านของแหล่งเพาะปลูก อายุ และขนาดเพื่อให้การสร้างสมการมีความครอบคลุมเมื่อไปทำนายค่า

Miyamoto et.al. (1998) ได้ตรวจวัดปริมาณกรดซิตริกใน satsuma mandarins ที่ปอกเปลือกแล้วโดยใช้ NIRS พบว่าจากการใช้ PLS ได้ค่า R เท่ากับ 0.93 bias -0.013 และ SEP 0.146

นอกจากนี้ก็ได้มีการนำเอาเทคนิค NIR ไปใช้อย่างหลากหลายกับผักและผลไม้ต่างๆมากมาย เช่นใช้ในการตรวจวัดน้ำตาลทั้งหมด ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส ในกล้วย (Tarkosova and Copikova , 2000) วัดค่าบริกซ์ ความแน่นเนื้อในผลเชอร์รี (Lu, 2001) วัดความแน่นเนื้อ น้ำหนักแห้งในแตงกวา (Kavdir, 2007) วัดค่าบริกซ์ในเกรปฟรุต (Miller and Zude-Sasse, 2004) วัดค่าบริกซ์ในเชอร์รี (Carlini et al., 2000) วัดค่าบริกซ์ของสับปะรด (Walsh et al., 2004) ตรวจสอบค่าบริกซ์ขององุ่น (Herrera et al.,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003) และยังมีงานวิจัยที่ได้นำเอา NIRS ช่วงคลื่นสั้นแบบทะลุผ่าน มาใช้ในการทำนายอาการเนื้อแก้วในผลมังคุดแบบไม่ทำลาย และได้ผลที่ดีมีความแม่นยำสูง (สนธิสุข, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในระยะที่ผลมีสีเหลืองประมาณ 1 ใน 4 ของผล (ผลสีเขียว-เหลือง)โดย คัดเลือกผลที่สมบูรณ์ ปราศจากบาดแผล ตำหนิจากโรคและแมลง มีขนาดผล รูปร่าง และความบริบูรณ์ใกล้เคียงกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

3.2 วัสดุอุปกรณ์

Refractometer (ACAGO, Japan)

ตู้แช่สแตนเลส (SANDEN INTERCOOL YNR-135S, German)

เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล 2 ตำแหน่ง (Sartorius BSA 2202s-CW)

เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล 2 ตำแหน่ง (Denver instrument TB-214)

ตู้อบลมร้อน (Memmert, German)

กล้องถ่ายรูปแบบดิจิตอลพร้อมขาตั้งและฉาก (Fujifilm, FinePix F700)

เครื่อง Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy (SW-NIRS), PureSpect (SAIKA Technological Institute Foundation, Japan)

Auto Titrator (Titration Excellence T50, Switzerland)

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

Sodium hydroxide (NaOH)

Potassium hydrogen phthalate (KHP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.5 วิธีดำเนินงาน

3.5.1 การคัดเลือกวัตถุดิบ

คัดเลือกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีสีและขนาดสม่ำเสมอกัน ผลต้องไม่สุกจนเกินไป มีสีเหลืองอมเขียว (กรมวิชาการเกษตร, 2545) โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกทำการเก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยทิ้งให้อยู่ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และกลุ่มที่สองทำการเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 20 วัน วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด (จริงแท้, 2535) ดังภาพที่ 3.1 หลังจากนั้นทำการวัดขนาดผลของวัตถุดิบ ชั่งน้ำหนัก (g) ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลตรวจลักษณะทางกายภาพของผลสับปะรดด้วยตาเปล่า แล้วจดบันทึกถ่ายรูปผลสับปะรดด้วยกล้องถ่ายรูปแบบดิจิตอลที่มีการควบคุมแสงและระยะการถ่ายให้คงที่

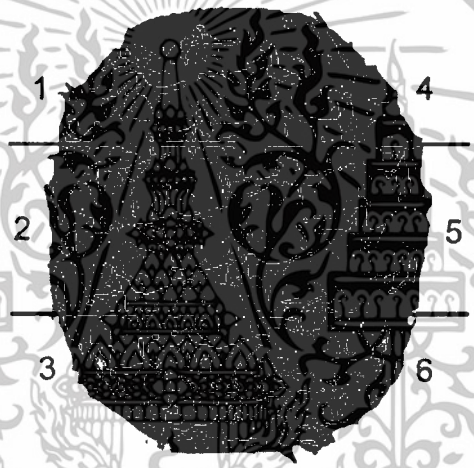
สับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล สับปะรดปกติ

ภาพที่ 3.1 แสดงสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลและสับปะรดปกติ

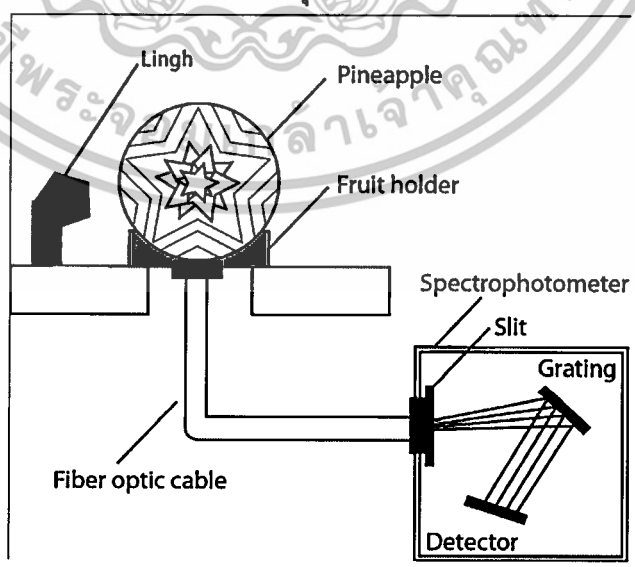
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การวัด NIRS ของสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล

นำสับปะรดที่ผ่านการคัดเลือกวัตถุดิบและตรวจสอบทางกายภาพทั้งสองกลุ่มทำเครื่องหมาย 6 จุด ดังภาพที่ 3.2 มาวัดด้วยเครื่อง NIRS ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ที่มีการตั้งค่าของเครื่องมือไว้ดังตารางที่ 3.1 นำส่วนที่ทำเครื่องหมายของผลสับปะรดวางแนบกับเซ็นเซอร์ Scan สับปะรดโดยใช้คำสั่งทาง computer โดย scan 6 ครั้งต่อ 1 ลูก โดยสแกนหนึ่งด้านของผลสับปะรด 1 ครั้งที่ช่วงความยาวคลื่น 665-955 nm หลังจาก scan ด้านที่ 1 เสร็จแล้วจึง scan ด้านที่ 2 โดยทำการทดลองซ้ำเหมือนด้านที่ 1 เก็บข้อมูล spectrum ที่ได้ใน computer หลังจากนั้นทำความสะอาดเครื่อง แล้วนำสับปะรดลูกใหม่มาทำซ้ำเช่นเดิมจนครบนำข้อมูล spectrum ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป



ภาพที่ 3.2 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดทั้ง 6 จุดของผลสับปะรด



ภาพที่ 3.3 เครื่อง NIRS ที่ใช้วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงการตั้งค่าของเครื่อง NIRS ที่ใช้วัด

Items	Value
Detector	Silicon diode array
Wavelength measured	665-955 nm
Averaged	6 scans
Integration Time	10
Reference material	Teflon ball
Reference measurement	Every 6 samples

3.5.3 ประเมินอาการไส้สีน้ำตาล

นำสับปะที่ผ่านการวัดด้วย NIRS มาทำการผ่าแบ่งออกเป็น 6 ส่วนตามเครื่องหมายที่ได้ทำไว้ ทำการบันทึกลักษณะและถ่ายภาพเนื้อสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล แบ่งระดับความรุนแรงของการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (severity score) โดยใช้โปรแกรม Image J (ver. 1.36, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)ในการหาพื้นที่ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลทำการแบ่งพื้นที่ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเป็นสีดำ และส่วนที่ปกติที่ไม่ได้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเป็นสีขาว อ่านค่าพื้นที่ของสีดำ (พื้นที่ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล) เทียบกับพื้นที่สีขาว (พื้นที่ที่ไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล) ทำเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดไส้สีน้ำตาล ประเมินเป็นระดับคะแนนดังภาพที่ 3.4 ดังนี้

ระดับปกติ คือ สับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นไส้สีน้ำตาล 0 เปอเซ็นต์

ระดับต่ำ คือ สับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นไส้สีน้ำตาล 1 - 7.4 เปอเซ็นต์

ระดับกลาง เป็นสับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นไส้สีน้ำตาล 7.5 - 12.4 เปอเซ็นต์

ระดับสูง เป็นสับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นไส้สีน้ำตาล 12.5 - 35.5 เปอเซ็นต์

ภาพที่ 3.4 แสดงระดับเปอร์เซ็นต์ของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ตรวจสอบคุณภาพของสับปะรดปกติและสับปะรดอาการไส้สีน้ำตาล

ทำการแบ่งสับปะรดออกเป็น 6 ส่วนตามที่ได้ทำเครื่องหมายเอาไว้ ปอกเปลือกสับปะรดนำเนื้อสับปะรดแต่ละส่วนมาใส่ลงในผ้าขาวบางคั้นน้ำด้วยที่คั้นน้ำผลไม้ พร้อมทั้งสังเกตลักษณะเนื้อของสับปะรด หยดตัวอย่างน้ำสับปะรดที่คั้นลงบน refractometer บันทึกค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid: TSS) (Mc Glone et al., 2002) เตรียมสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N ใส่ลงไปในขวดสีชาต่อสายยางเข้ากับเครื่อง auto titrator นำ Potassium hydrogen phthalate (KHP) อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พักให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งประมาณ 0.1 g ทำการไทเตรทด้วยเครื่อง auto titrator เพื่อหาความเข้มข้นมาตรฐานของ Sodium hydroxide นำน้ำสับปะรดที่คั้นได้ปิเปตด้วย autopipet 5 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 50 ml ไทเตรทด้วย auto titrator บันทึกค่าความเป็นกรดที่ได้ (titratable acidity: TA)

3.5.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.5.5.1 สร้างสมการประเมินค่าของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid: TSS) และ ค่าความเป็นกรดที่ได้ (titratable acidity: TA) ของสับปะรด

คัดเลือกวัตถุดิบที่ทำการเก็บข้อมูลไว้โดยเป็นสับปะรดตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์วิเคราะห์กลุ่มสับปะรดทั้งหมด 233 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นสองกลุ่มโดยกลุ่มแรกใช้เพื่อการสร้างโมเดล จำนวน 162 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้ในการทำนาย จำนวน 71 ตัวอย่าง กลุ่มที่ทำการแยกในการสร้างโมเดลจะต้องมีค่า TSS ที่ครอบคลุมในกลุ่ม ที่ใช้ในการทำนาย นำข้อมูลที่แยกไว้เพื่อใช้ในการสร้างโมเดลโดยการทำ pretreatment ของแต่ละกลุ่มนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลแต่ละ กลุ่มโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยบางส่วนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดหรือ partial least squares regression (PLSR) และใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ในการเลือกให้ได้โมเดลที่ดีที่สุดจะพิจารณาจากจำนวน latent variables (LV) ที่ทำให้ได้ค่าของความผิดพลาดจากการปรับเทียบหรือ standard error of calibration (SEC) ต่ำที่สุด และมีค่า bias ต่ำ ในการประเมินประสิทธิภาพในการทำนายของโมเดลใช้ข้อมูลของกลุ่มที่แยกไว้สำหรับการทำนายทำนายโดยวิธี cross-validation และพิจารณาเปรียบเทียบค่าของ correlation coefficient (R) และค่าของความผิดพลาดจากการทำนายหรือ standard error of calibration (SEC) และค่า bias ที่ได้ ใช้ในการตัดสินว่าโมเดลแต่ละโมเดลมีความสามารถในการทำนายได้แม่นยำมากน้อยเพียงใด โดยที่โมเดลที่มีความสามารถในการทำนายได้แม่นยำกว่าจะต้องมีค่า correlation coefficient ที่สูง และมีค่า standard error of calibration ที่ต่ำกว่า ทั้งนี้จะต้องมีค่า bias ที่ต่ำในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ the unscrambler (version 9.6, CAMO AS, Trondheim, Norway) ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5.2 สร้างสมการการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ

คัดเลือกวัตถุดิบที่ทำการเก็บข้อมูลไว้โดยเป็นสับปะรดปกติ 131 ตัวอย่าง และสับปะรดที่มีอาการไส้สีน้ำตาล 112 ตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ วิเคราะห์กลุ่มสับปะรดทั้งหมด ทำการสุ่มแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกใช้เพื่อสร้างโมเดลจำนวน 163 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้ในการทำนายจำนวน 80 ตัวอย่าง นำข้อมูลที่แยกไว้เพื่อใช้ในการสร้างโมเดลโดยการทำ pretreatment ของแต่ละกลุ่มนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลแต่ละ กลุ่มโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การคัดแยกถดถอยบางส่วนโดยวิธี partial least squares discriminant Analysis (PLS-DA) และใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ the unscrambler (version 9.6, CAMO AS, Trondheim, Norway) และใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ หลังจากนั้นทำการแบ่งเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดเป็น 3 ระดับ โดยใช้โปรแกรม photoshop ในการหาพื้นที่ นำระดับสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง กับสับปะรดปกติ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง กับสับปะรดปกติ กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำกับสับปะรดปกติ นำกลุ่มทั้ง 3 มาแบ่งกลุ่ม กลุ่มแรกใช้เพื่อสร้างโมเดล และกลุ่มที่สองใช้ในการทำนาย โดยทำแบบเดียวกัน

3.5.5.3 สร้างสมการทำนายสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับความรุนแรงต่างๆ

ทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์อาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรด นำสับปะรดที่มีอาการไส้สีน้ำตาล ที่มีค่าเปอเซ็นต์ของการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลจำนวนทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์เพื่อทำการทำนายระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลที่เกิดในสับปะรด แบ่งกลุ่ม กลุ่มแรกใช้เพื่อสร้างโมเดล และกลุ่มที่สองใช้ในการทำนาย นำข้อมูลที่แยกไว้เพื่อใช้ในการสร้างโมเดลโดยการทำ pretreatment ของแต่ละกลุ่มนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลแต่ละ กลุ่มโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยบางส่วนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดหรือ partial least squares regression (PLSR) และใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ the unscrambler (version 9.6, CAMO AS, Trondheim, Norway) และใช้โปรแกรมทางสถิติในการคำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

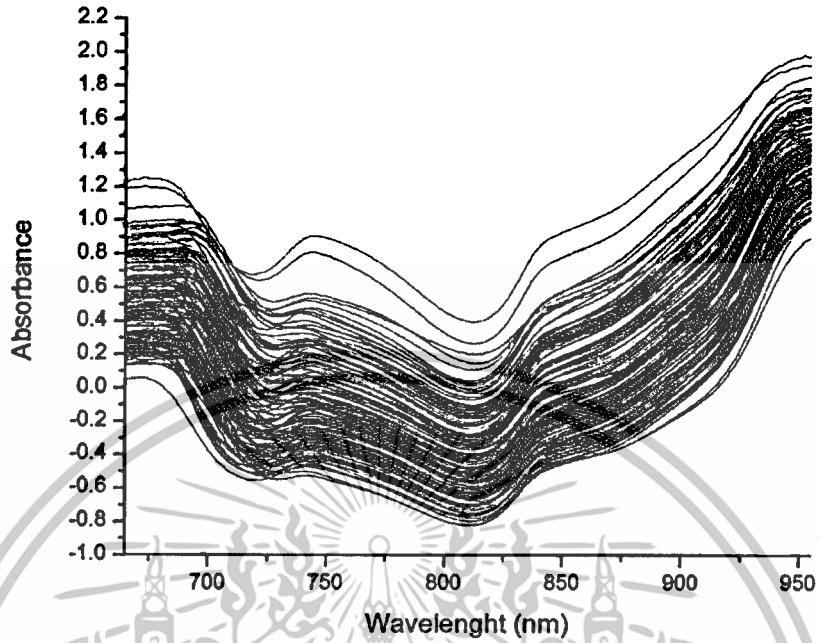
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

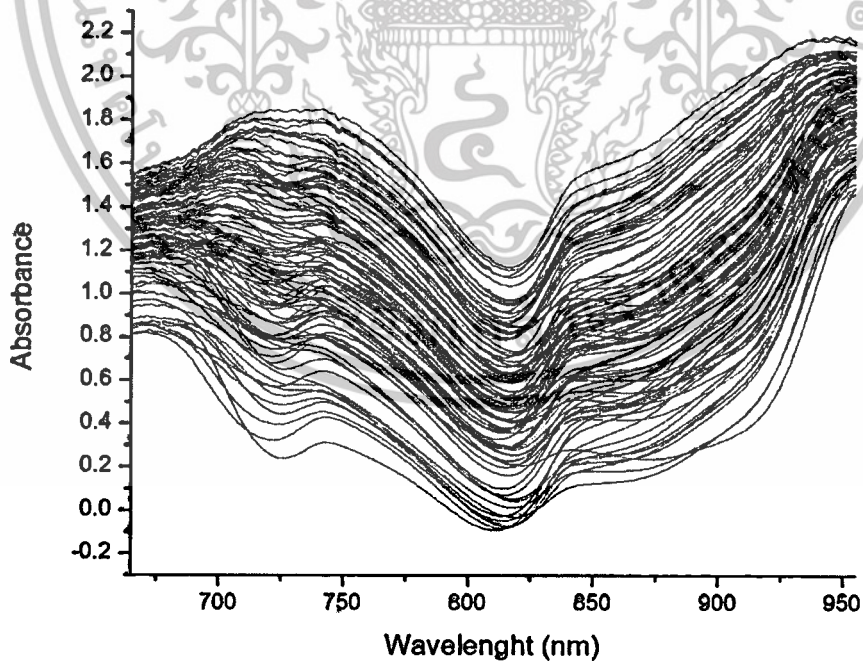
4.1 สเปกตรัมของสับปะรด

เมื่อนำข้อมูลตัวอย่างที่นำมาทำการทดลองวัดด้วยเครื่อง NIRS พบว่าสเปกตรัมของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) มีความแตกต่างกับสเปกตรัมสับปะรดปกติ (sound) ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 แสดงสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติเฉลี่ยแต่ละผล และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเฉลี่ยแต่ละผลตามลำดับ จากรูปจุดยอดสูงสุดของสเปกตรัมของทั้งสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำเส้นสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเฉลี่ยจะแสดงได้ดังภาพที่ 4.3 ซึ่งจากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า จุดยอดสูงสุดของเส้นสเปกตรัมของสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล คือที่ประมาณ 820 nm ซึ่งเป็นช่วงของ chlorophyll (Makoto et al., 2010) แต่เส้นสเปกตรัมของสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลนั้นมีการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

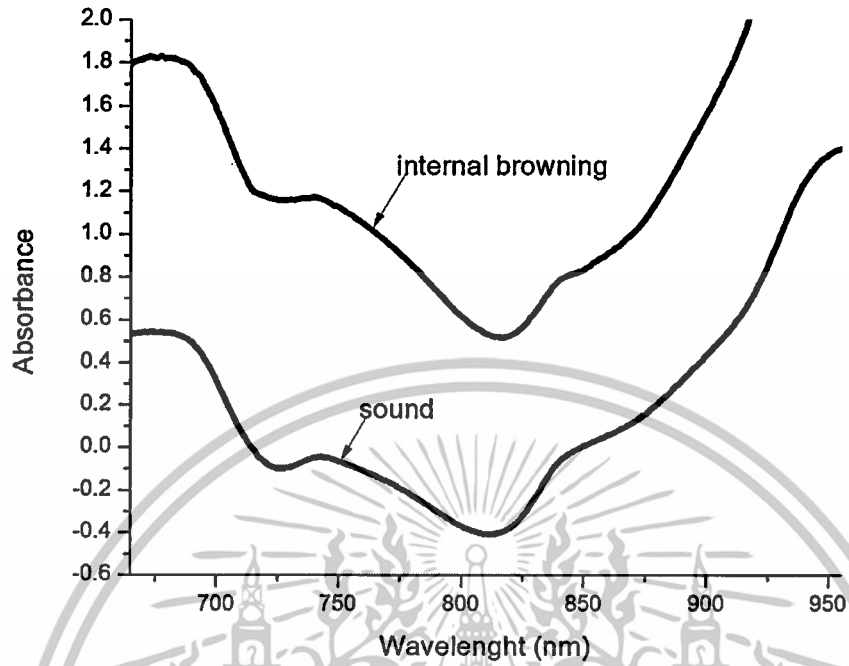


ภาพที่ 4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติเฉลี่ยแต่ละผล



ภาพที่ 4.2 สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเฉลี่ยแต่ละผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเฉลี่ย

4.2 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid: TSS) และค่าความเป็นกรด (titratable acidity: TA) ของสับปะรด

หลังจากที่ทำการวัดตัวอย่างสับปะรดทั้งหมด ทำการสุ่มตัวอย่างสับปะรดจำนวน 233 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีการตัดข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ นำข้อมูลทั้งหมดแบ่งออกเป็นสองกลุ่มเพื่อใช้ในการคำนวณ กลุ่มแรกใช้สำหรับการสร้างสมการ (calibration set) จำนวน 162 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้สำหรับการการทำนาย (prediction set) จำนวน 71 ตัวอย่าง โดยมีข้อมูลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และค่าความเป็นกรด (TA) ดังที่แสดงในตาราง 4.1 หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ สร้างสมการสำหรับทำนายและทดสอบสมการ TSS และ TA ดังที่แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ หลังจากทำการทำนายและทดสอบสมการ จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 จะพบได้ว่าการทำ pretreatment ที่ดีที่สุดของ TSS คือ การทำ Second derivative และการทำ pretreatment ที่ดีที่สุดของ TA คือ Second derivative ร่วมกับ multiplicative scatter หลังจากนั้นนำข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดที่ผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธี second derivative มาสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการทำนายคุณภาพสับปะรดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้วิธี การถดถอยบางส่วนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดหรือ partial least squares regression (PLSR) โดยใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ซึ่งเป็นการทดสอบสมการภายใน (internal validation) โดยใช้ตัวอย่างที่นำมาทดสอบสมการก็คือตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาใช้สร้างสมการประเมินค่าทางเคมี และเลือกใช้โมเดลที่ดีที่สุดจากนั้นนำมาทำการประเมินประสิทธิภาพในการทำนายของโมเดลโดยใช้กลุ่มสำหรับการทำนาย (prediction set) จำนวน 66 ตัวอย่าง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 และนำข้อมูลข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธี Second derivative ร่วมกับวิธี multiplicative scatter มาสร้างสมการทำนายคุณภาพสับปะรดค่าความเป็นกรดได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่า TSS และ TA ของสับปะรด ในกลุ่ม calibration set และ prediction set

sample	Sample set	Number of sample	Wavelength (nm)	Averaged	Range	SD
TSS	calibration set	122	665-995	0.59	0.98-0.30	0.17
(°Brix)	prediction set	66	665-995	0.59	0.94-0.31	0.16
TA	calibration set	122	665-995	12.9	17.2-7	1.8
(%)	prediction set	66	665-995	13	15.5-10.2	1.3

หลังจากนั้นนำข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TSS) แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกันโดยในที่นี้แบ่งเป็นสามระดับ คือ กลุ่มสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดต่ำ กลุ่มสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดปานกลาง และกลุ่มสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 จากรูปจะเห็นได้ว่าการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ จะมีค่ามากกว่ากลุ่มสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดปานกลาง และ กลุ่มสับปะรดที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดสูงตามลำดับทั้งนี้เนื่องจาก ผลไม้เกิดการสุกมากขึ้น และการสุกของผลไม้เกี่ยวกับค่าของแข็งที่ละลายได้ เมื่อการสุกของผลไม้เพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ และค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรด (TSS/TA) สูงขึ้น แต่จะมีค่าความเป็นกรด (TA) ลดลงตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรด (TA) แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกันโดยในที่นี้แบ่งเป็นสามระดับ คือ กลุ่มสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ กลุ่มสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรดปานกลาง และ กลุ่มสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรดสูง ดังแสดงในภาพที่ 4.5 จากภาพพบว่าการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรดสูงจะมีค่ามากกว่ากลุ่มสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรดปานกลาง และกรดต่ำตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของ TSS

method	N	F	R	RMSEC
Original	12	122	0.92	0.6
Smoothing 5	11	122	0.9	0.7
Smoothing 9	11	122	0.9	0.7
Smoothing 15	11	122	0.9	0.7
Smoothing 21	11	122	0.9	0.68
Smoothing 33	12	122	0.91	0.66
First derivative 3	10	122	0.96	0.65
First derivative 9	8	122	0.91	0.66
First derivative 15	8	122	0.9	0.7
First derivative 21	8	122	0.9	0.7
First derivative 27	9	122	0.9	0.69
First derivative 33	10	122	0.9	0.67
Second derivative 3	11	122	0.9	0.67
Second derivative 9	15	122	0.97	0.37
Second derivative 15	11	122	0.95	0.48
Second derivative 21	11	122	0.95	0.5
Second derivative 33	10	122	0.94	0.55
Multiplicative scatter correction full	9.	122	0.86	0.8
Multiplicative scatter correction off	11	122	0.92	0.61
Smoothing 5+ first derivative 15	9	122	0.92	0.63
Smoothing 15+ first derivative 15	10	122	0.91	0.66
Smoothing 9+ second derivative 15	10	122	0.92	0.63
Smoothing 9+ first derivative 9	10	122	0.92	0.62
Smoothing 9+ second derivative 9	14	122	0.96	0.43
Smoothing 9+ second derivative 15	12	122	0.95	0.5
Smoothing 33+ first derivative 33	12	122	0.91	0.64
Smoothing 5+ second derivative 9	13	122	0.96	0.44
Smoothing 5+ second derivative 15	13	122	0.95	0.47
Smoothing 5+ first derivative 9	9	122	0.92	0.61
Second derivative 15+ Multiplicative scatter correction	11	122	0.95	0.49
off	8	122	0.91	0.65
First derivative 9+ multiplicative scatter correction off	10	122	0.92	0.61
First derivative 9+ multiplicative scatter correction full	14	122	0.96	0.43
Smoothing 9+ second derivative 9+ multiplicative scatter correction full	12	122	0.96	0.46
Smoothing 9+ second derivative 9+ multiplicative scatter correction off	11	122	0.91	0.65
Standard normal variate	13	122	0.95	0.45
Second derivative 15+ standard normal variate	12	122	0.91	0.65
Smoothing 15+ standard Normal Variate	11	122	0.91	0.64
Multiplicative scatter correction full+ standard normal variate	11	122	0.91	0.65
Multiplicative scatter correction off+ standard normal variate	13	122	0.95	0.5
second derivative 15+ multiplicative scatter correction off + standard normal variate	12	122	0.92	0.6
Mean	10	122	0.93	0.59
First derivative 9+mean	11	122	0.95	0.48
Second derivative 15+mean	11	122	0.95	0.49
Second derivative 15+mean+ Multiplicative scatter correction off	12	122	0.95	0.5
Smoothing9+ second derivative 15+ multiplicative scatter correction off +mean	12	122	0.95	0.5
Smoothing9+ second derivative 15+ multiplicative scatter correction full +mean	14	122	0.96	0.43
Smoothing 9+ second derivative 9+mean				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของ TA

method	N	F	R	RMSEC
Original	10	122	0.82	0.095
Smoothing 3	6	122	0.82	0.096
Smoothing 9	6	122	0.82	0.095
Smoothing 15	6	122	0.82	0.096
Smoothing 21	6	122	0.82	0.096
Smoothing 27	6	122	0.82	0.096
Smoothing 33	7	122	0.82	0.096
First derivative 3	3	122	0.82	0.095
First derivative 9	3	122	0.8	0.101
First derivative 15	3	122	0.8	0.101
First derivative 21	3	122	0.8	0.102
First derivative 33	3	122	0.8	0.102
Second derivative 3	1	122	0.63	0.13
Second derivative 9	3	122	0.79	0.103
Second derivative 15	7	122	0.85	0.087
Second derivative 21	7	122	0.81	0.098
Second derivative 33	7	122	0.81	0.098
Multiplicative scatter correction full	5	122	0.8	0.099
Multiplicative scatter correction off	4	122	0.79	0.104
Smoothing 15+ first derivative 9	7	122	0.83	0.095
Smoothing 15+ first derivative 15	8	122	0.85	0.088
Smoothing 15+ second derivative 15	11	122	0.88	0.079
Smoothing 15+ first derivative 33	9	122	0.85	0.089
Smoothing 15+ second derivative 33	8	122	0.84	0.091
Smoothing 23+ first derivative 15	8	122	0.84	0.091
Smoothing 23+ first derivative 9	8	122	0.84	0.09
Smoothing 23+ first derivative 33	9	122	0.84	0.091
Smoothing 23+ second derivative 21	8	122	0.84	0.09
Second derivative 15+ multiplicative scatter correction full	8	122	0.86	0.086
Second derivative 15+ multiplicative scatter correction off	7	122	0.86	0.087
Smoothing15+2nd 15+ multiplicative scatter correction full	8	122	0.86	0.089
Smoothing15+2nd 15+ multiplicative scatter correction off	9	122	0.85	0.089
Standard normal variate	8	122	0.83	0.094
Second derivative 15+ standard normal variate	7	122	0.85	0.088
Smoothing 15+ standard normal variate	9	122	0.83	0.092
Multiplicative scatter correction full+ standard normal variate	8	122	0.83	0.094
multiplicative scatter correction off+ standard normal variate	8	122	0.83	0.094
second derivative 15+ Multiplicative scatter correction off + standard normal variate	7	122	0.85	0.088
Mean	8	122	0.83	0.092
Second derivative 15+mean	7	122	0.85	0.086
Second derivative 15+mean+ Standard Normal Variate +mean	7	122	0.85	0.088

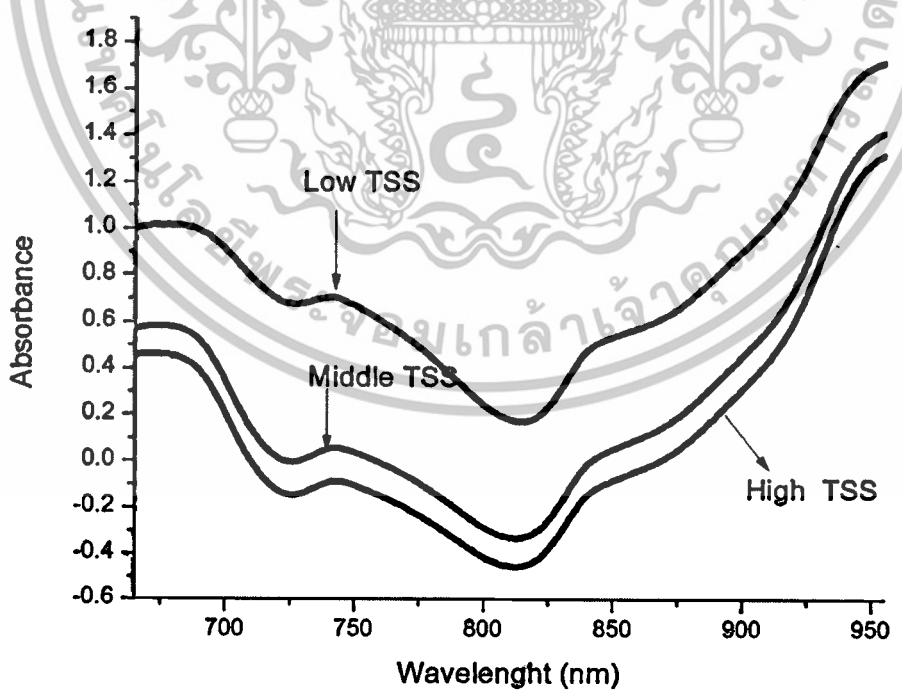
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติของสมการที่ใช้ในการทำนายค่า TSS

Preprocessing	No. of PLS factor	Calibration			Prediction		
		N	R	RMSEC	N	R	RMSEP
Second derivative	11	122	0.95	0.48	66	0.87	0.66

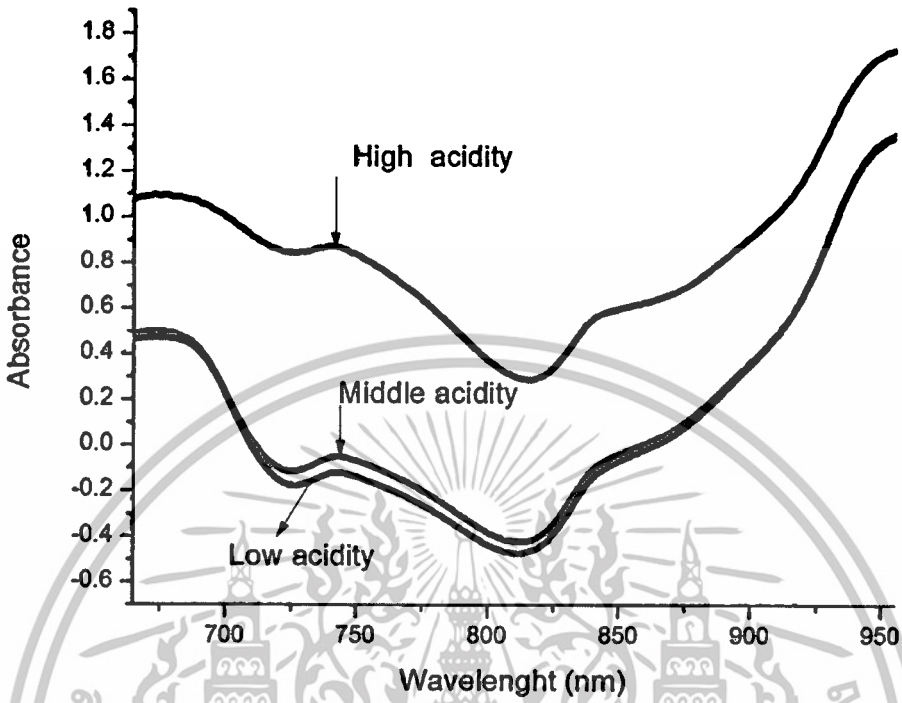
ตารางที่ 4.5 ค่าทางสถิติของสมการที่ใช้ในการทำนายค่า TA

Preprocessing	No. of PLS factor	Calibration			Prediction		
		N	R	RMSEC	N	R	RMSEP
Second derivative + multiplicative scatter correction	7	122	0.86	0.087	66	0.86	0.084



ภาพที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีค่าความเป็นกรด (TA) แตกต่างกัน

ข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดเฉลี่ยและข้อมูลอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อ ค่าความเป็นกรด (TSS/TA) โดยมีข้อมูล ดังที่แสดงในตาราง 4.6 และนำกลุ่มสับปะรดสำหรับสร้างสมการมาวิเคราะห์สร้างสมการสำหรับการทำนายและทดสอบสมการมาผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธีการต่างๆ และทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยบางส่วนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด หรือ partial least squares regression (PLSR) ใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ได้ผลดังในตารางที่ 4.7 จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการ pretreatment ข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดด้วยวิธี smoothing ได้โมเดลที่ดีที่สุดโดยมีจำนวน latent variables (LV) หรือ partial least squares factors เท่ากับ 11 มีค่า correlation coefficient (R) เท่ากับ 0.84 และมีค่าความผิดพลาดทางการทำนายหรือ root mean square error of prediction (RMSEP) เท่ากับ 5.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่า TSS/TA ของสับปะรด ในกลุ่มของ calibration set และ prediction set

Items	Training set	Test set
Number of sample	122	66
Range	10.20 - 49.43	11.18 - 47.46
Mean	24.06	24.18
SD	8.41	8.05
Wavelength	665-955 nm	665-955 nm

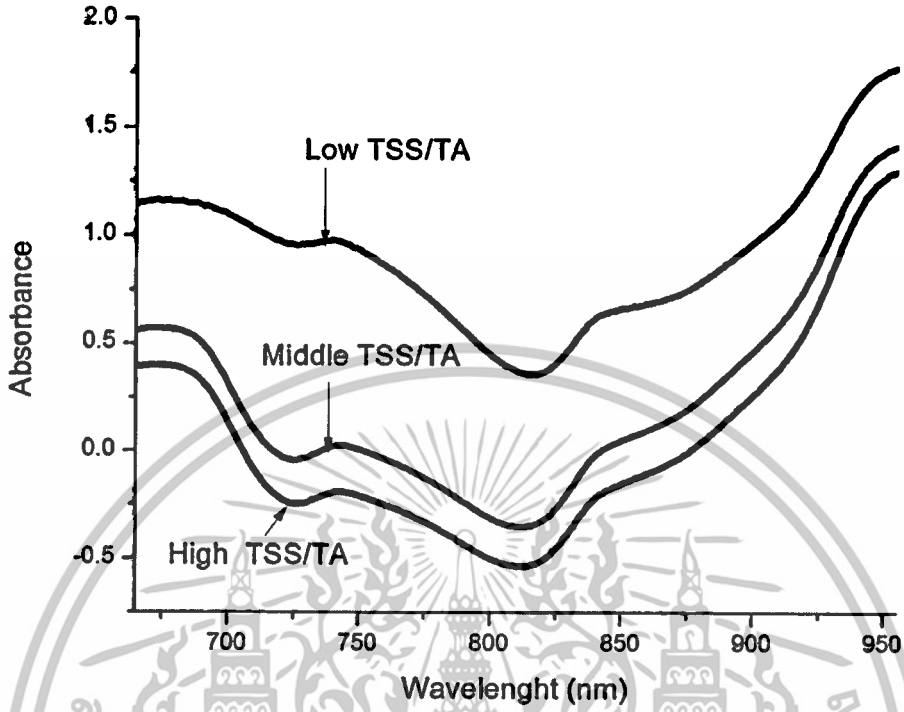
เมื่อนำข้อมูลข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรด (TSS/TA) แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกันโดยในที่นี้แบ่งเป็นสามระดับ คือ กลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดต่ำ กลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรด ปานกลาง และ กลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดสูง ดังแสดงในภาพที่ 4.6 จากภาพจะเห็นได้ว่าการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดต่ำจะมีค่ามากกว่ากลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดปานกลาง และกลุ่มสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดสูงตามลำดับ จากข้อมูลที่ได้จึงสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีอิทธิพลต่อการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดมากกว่าค่าความเป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของ TSS/TA

method	N	F	R	RMSEP
Original	122	13	0.80	4.98
Smoothing 3	122	12	0.81	4.93
Smoothing 5	122	14	0.81	4.95
Smoothing 11	122	10	0.80	5.03
Smoothing 17	122	14	0.81	4.95
Smoothing 23	122	13	0.80	5.04
Smoothing 25	122	11	0.8	5.07
Smoothing 33	122	15	0.80	4.96
First derivative 3	122	5	0.73	5.72
First derivative 7	122	12	0.79	5.21
First derivative 11	122	12	0.81	4.92
First derivative 15	122	13	0.81	4.93
First derivative 21	122	11	0.80	5.04
First derivative 25	122	11	0.80	5.02
Second derivative 3	122	1	0.53	7.09
Second derivative 5	122	1	0.58	6.82
Second derivative 11	122	6	0.70	6.01
Second derivative 15	122	12	0.76	5.55
Second derivative 21	122	10	0.78	5.08
Multiplicative scatter correction full	122	10	0.78	5.27
Multiplicative scatter correction off	122	12	0.80	5.05
Multiplicative scatter correction applification	122	8	0.81	4.92
Mean	122	12	0.79	5.09
Standard normal variate	122	11	0.78	5.19
Smoothing 3 + first derivative 3	122	12	0.75	5.68
Smoothing 3 + first derivative 11	122	13	0.80	5.00
Smoothing 17 + first derivative 15	122	14	0.80	5.05
Smooth 5 + second derivative 5	122	3	0.69	6.00
Smooth 11 + second derivative 21	122	13	0.80	4.98
Multiplicative scatter correction applification + smoothing 5+ first derivative 13	122	11	0.78	5.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีปริมาณค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรด (TSS/TA) แตกต่างกัน

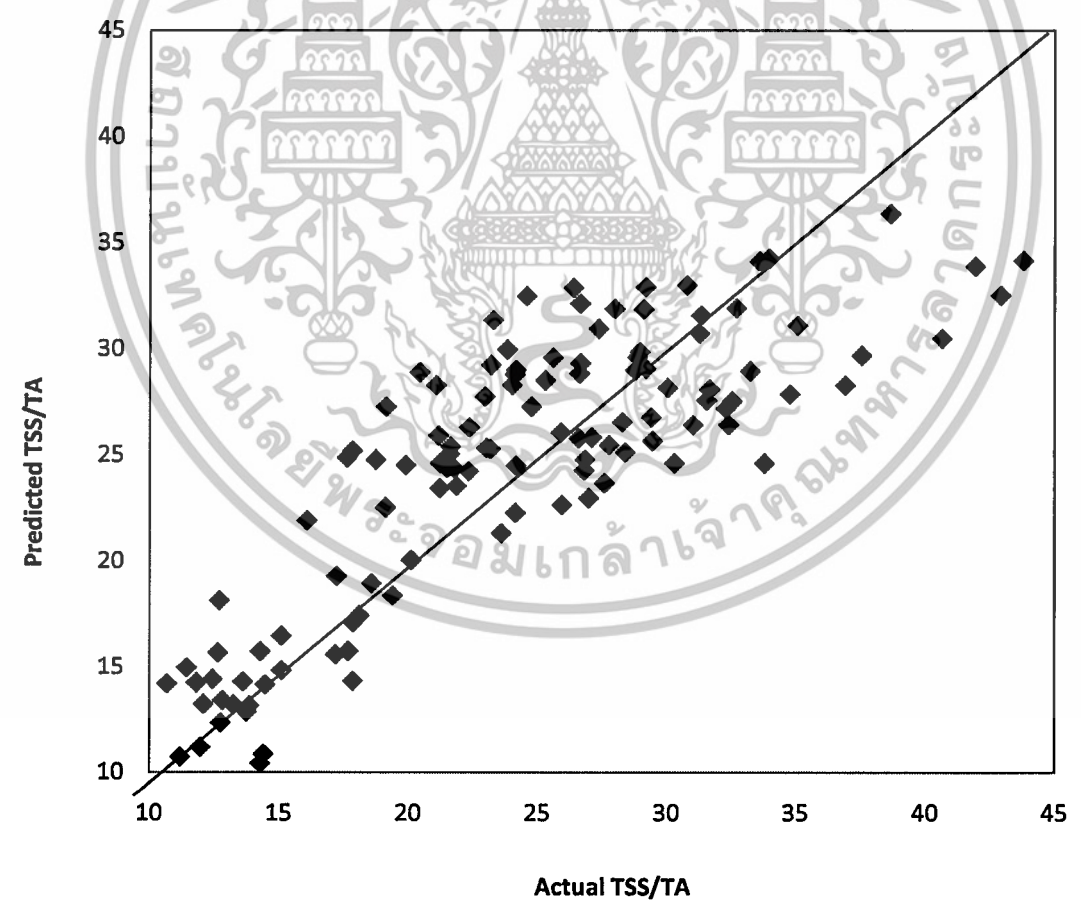
หลังจากนั้นนำข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธี smoothing มาสร้างสมการทำนายคุณภาพสับปะรดอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อค่าความเป็นกรด โดยใช้วิธี การถดถอยบางส่วนด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดหรือ partial least squares regression (PLSR) ใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation เลือกใช้โมเดลที่ดีที่สุดจากนั้นนำมาทำการประเมินประสิทธิภาพในการทำนายของโมเดลโดยใช้กลุ่มสำหรับการทำนาย (prediction set) จำนวน 66 ตัวอย่าง ได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 4.8 ได้ค่าของ partial least squares factors เท่ากับ 11 มีค่า correlation coefficient (R) เท่ากับ 0.82 และมีค่าความผิดพลาดทางการทำนายหรือ root mean square error of prediction (RMSEP) เท่ากับ 4.59 และนำข้อมูลข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดที่มีค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรด (TSS/TA) มาเปรียบเทียบข้อมูลค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโมเดลที่ใช้ในการทำนายกับค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดที่วัดได้จริงจากกลุ่มที่ใช้สร้างสมการ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 และเปรียบเทียบข้อมูลค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดที่ได้จากโมเดลที่ใช้ในการทำนายกับค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดที่วัดได้จริงจากกลุ่มที่ใช้ในการทำนายดังแสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งจากค่าทางสถิติเหล่านี้ให้ค่าความแม่นยำในการทำนายที่เชื่อถือได้ สามารถนำสมการที่ได้เหล่านี้ไปใช้ในการคัดคุณภาพภายในของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้

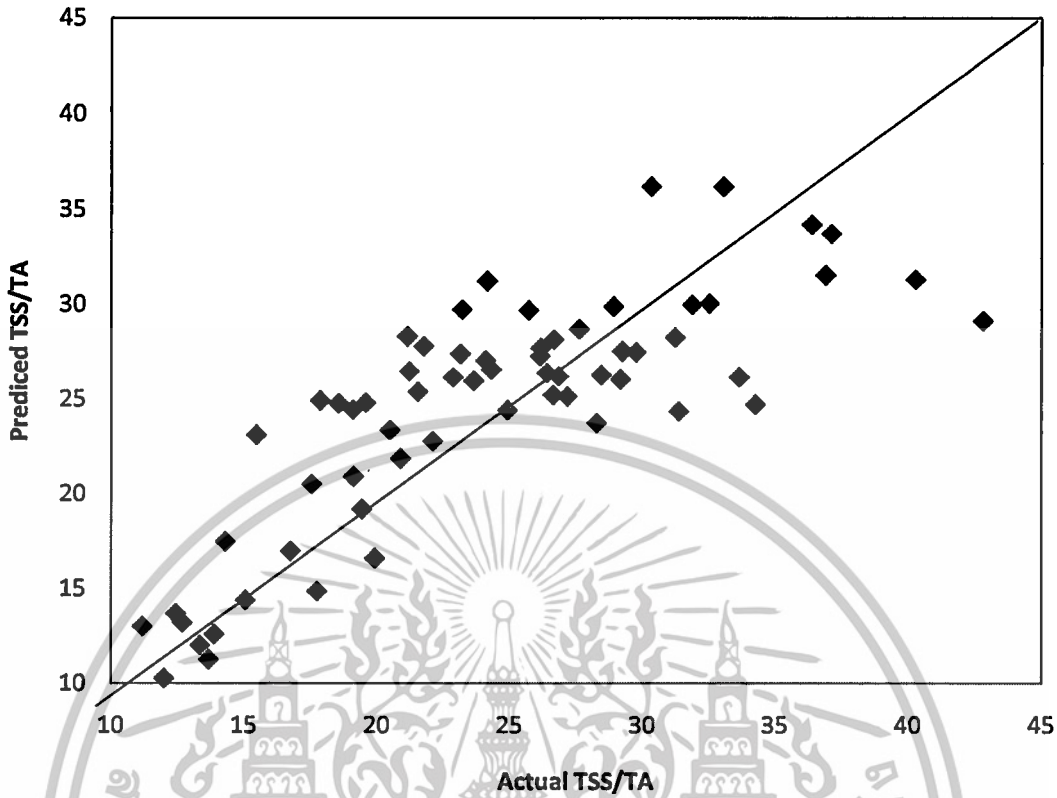
ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพสมการที่ใช้ในการทำนายค่า B/A

Preprocessing	No. of PLS factor	Calibration			Prediction		
		N	R	RMSEC	N	R	RMSEP
Smoothing	11	122	0.84	4.55	66	0.82	4.59



ภาพที่ 4.7 ผลการทำนายค่า TSS/TA ในกลุ่มสับปะรดที่ใช้ในการสร้างสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ผลการทำนายค่า TSS/TA ในกลุ่มสับปะรดที่ใช้ในการทำนาย

4.3 การสร้างสมการการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ

หลังจากทำการคัดเลือกวัตถุดิบที่ทำการเก็บข้อมูลไว้โดยแยกเป็นสับปะรดปกติ 131 ตัวอย่าง และสับปะรดที่มีอาการไส้สีน้ำตาล 112 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีการตัดข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ มาทำการวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์กลุ่มสับปะรดทั้งหมด และสุ่มแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกใช้เพื่อสร้างโมเดลจำนวน 163 ตัวอย่าง และกลุ่มที่สองใช้ในการทำนาย จำนวน 80 ตัวอย่าง นำข้อมูลที่แยกไว้เพื่อใช้ในการสร้างโมเดล ข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดเฉลี่ย และข้อมูลคุณภาพของสับปะรด โดยกำหนดให้ 0 คือสับปะรดปกติ และ 1 คือสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล และนำกลุ่มสำหรับสร้างสมการมาวิเคราะห์สร้างสมการสำหรับการทำนายและทดสอบสมการมาผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธีการต่างๆ และทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลโดยใช้ธีการวิเคราะห์การคัดแยกถดถอยบางส่วนโดยวิธี partial least Squares discriminant Analysis (PLS-DA) และใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ the unscrambler (version 9.6, CAMO AS, Trondheim, Norway) ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ ในการวิเคราะห์การวัดคุณภาพของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

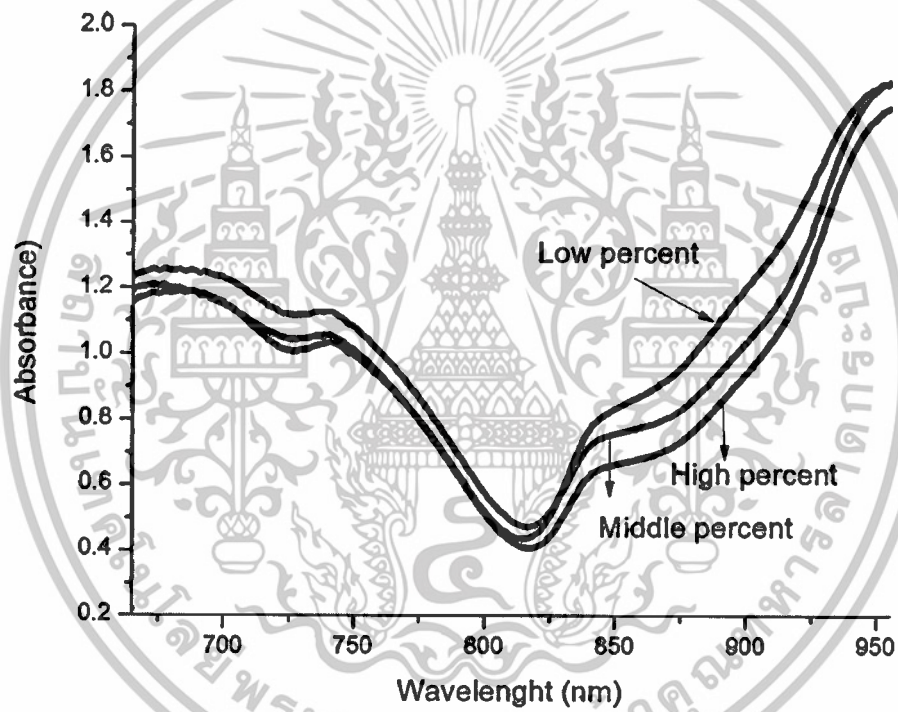
น้ำตาลได้ผลดังในตารางที่ 4.9 จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการ pretreatment ข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดด้วยวิธี smoothing ได้โมเดลที่ดีที่สุด จากผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเห็นว่ามีค่าความถูกต้องในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเท่ากับ 96.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้เทคนิค แสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติได้

หลังจากนั้นทำการแบ่งเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้โปรแกรม Image J ในการหาพื้นที่นำข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มสับปะรดที่มีเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับสูง (สับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นแกนสีน้ำตาล 12.5 - 35.5 เปอร์เซ็นต์) ระดับกลาง (สับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นแกนสีน้ำตาล 7.5 - 12.4 เปอร์เซ็นต์) และระดับต่ำ (สับปะรดที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความเป็นแกนสีน้ำตาล 1- 7.4 เปอร์เซ็นต์) ที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงตามภาพที่ 4.9 นำระดับสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำกับสับปะรดปกติ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลางกับสับปะรดปกติ กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูงกับสับปะรดปกติ นำกลุ่มทั้ง 3 มาแบ่งกลุ่ม กลุ่มแรกใช้เพื่อสร้างโมเดลและกลุ่มที่สองใช้ในการทำนาย ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.11 พบว่ากลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำกับสับปะรดปกติ) มีค่าความถูกต้องในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเท่ากับ 90.7 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลางกับสับปะรดปกติ) มีค่าความถูกต้องในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเท่ากับ 96.1 เปอร์เซ็นต์ และ กลุ่มที่ 3 (กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง กับสับปะรดปกติ) มีค่าความถูกต้องในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเท่ากับ 97.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลนั้นขึ้นกับระดับเปอร์เซ็นต์ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล กลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูงกับสับปะรดปกติ สามารถให้ค่าความถูกต้องในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการไส้สีน้ำตาลได้ดีกว่ากลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลางกับสับปะรดปกติและกลุ่มที่มีสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำกับสับปะรดปกติ จึงสรุปได้ว่าระดับเปอร์เซ็นต์ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดนั้นมีผลในการทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ หากระดับเปอร์เซ็นต์ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดมีระดับสูงจะทำให้ทำนายการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติได้ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 4.9 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดในกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการสร้างสมการทำนายในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ

pretreatment	Calibration		รวม	Prediction		รวม
	Normal	Defect	151	Normal	Defect	92
original	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Smoothing 5	85/86=98.8	60/63=92.3	96	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Smoothing 31	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	50/50=100	39/42=92.8	96.7
Smoothing 9	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Smoothing 13	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Smoothing 17	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Smoothing 23	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Smoothing 27	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	50/50=100	39/42=92.8	96.7
First derivative 3	85/86=98.8	60/63=92.3	96	48/50=96	41/42=97.6	96.7
First derivative 27	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	39/42=92.8	94.6
First derivative 31	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	39/42=92.8	94.6
First derivative 13	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	40/42=95.2	95.6
Second derivative 7	83/86=96.5	56/65=86.1	92	50/50=100	40/42=95.2	97.8
Second derivative 11	85/86=98.8	58/65=89.2	94.7	50/50=100	39/42=92.8	96.7
Second derivative 17	84/86=97.7	59/65=90.8	94.7	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Second derivative 27	84/86=97.7	59/65=90.8	94.7	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Smoothing 3+first derivative 3	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	39/42=92.8	94.6
Smoothing 5+ first derivative 3	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Smoothing 5+ first derivative 17	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	40/42=95.2	95.6
Smoothing5 + first derivative 27	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	39/42=92.8	94.6
Smoothing 13+ first derivative 3	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Smoothing5 + Second derivative 7	84/86=97.7	58/65=89.2	94	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Smoothing 5+ Second derivative 3	83/86=96.5	56/65=86.1	92	50/50=100	40/42=95.2	97.8
Smoothing + Second derivative 11	84/86=97.7	58/65=89.2	94	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Multiplicative scatter correction full	85/86=98.8	57/65=87.7	94	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Multiplicative scatter correction offset	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=98	39/42=92.8	94.6
Multiplicative scatter correction full+ Smoothing 5	85/86=98.8	57/65=87.7	94	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Multiplicative scatter correction full+ first derivative 3	84/86=97.7	58/65=89.2	94	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Multiplicative scatter correction full+ second derivative 7	86/86=100	58/65=89.2		50/50=100	39/42=92.8	96.7
Multiplicative scatter correction full+ second derivative 11	83/86=96.5	57/65=87.7		48/50=96	41/42=97.6	96.7
Multiplicative scatter correction full+ smoothing 5+ second derivative 3	83/86=96.5	57/65=87.7		48/50=96	40/42=95.2	95.6
Multiplicative scatter correction full+ smoothing 5+ first derivative 11	85/86=98.8	57/65=87.7	94	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Mean	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Mean+ second derivative 11	85/86=98.8	58/65=89.2	94.7	50/50=100	39/42=92.8	96.7
Mean+ first derivative 3	85/86=98.8	60/65=92.3	96	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Mean+ second derivative 3	82/86	55/65		47/50=94	30/42=71.4	
Mean+ smoothing 5	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Mean+ smoothing 17	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	48/50=96	41/42=97.6	96.7
Mean+ smoothing 5+ second derivative 3	83/86=96.5	56/65=86.1	92	50/50=100	40/42=95.2	97.8
Mean+ smoothing 5+ first derivative 3	85/86=98.8	59/65=90.8	95.4	47/50=94	41/42=97.6	95.7
Standard normal variate	85/86=98.8	57/65=87.7	94	47/50=94	41/42=97.6	95.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวัด เปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดในกลุ่มของ calibration set และ prediction set

Sample set	Number of sample	Wavelength (nm)	Range (%/N)	Averaged (%)	SD
Training กลุ่ม1	102	665-995	0-21.48	3.04	6.54
Training กลุ่ม2	109	665-995	0-12.43	2.43	4.41
Training กลุ่ม3	105	665-995	0-7.5	1.11	2.3
Test กลุ่ม1	64	665-995	0-35.58	2.95	7.04
Test กลุ่ม2	68	665-995	0-12.45	2.14	4.12
Test กลุ่ม3	66	665-995	0-0.99	6.21	2.05

ตารางที่ 4.11 ผลการสร้างสมการทำนายในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติ

Set	pretreatment	F	Calibration set		Prediction set		Accuracy of prediction
			Sound	defected	Sound	defected	
กลุ่มที่ 1	Smoothing	2	81/83=97.6	16/22=72.7	53/53=100	12/13=92.3	90.7
กลุ่มที่ 2	Smoothing	5	82/83=98.8	24/26=92.3	53/53=100	14/15=93.3	96.1
กลุ่มที่ 3	Smoothing	4	82/83=98.7	17/19=89.5	53/53=100	11/11=100	97.1

4.4 สร้างสมการทำนายสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับความรุนแรงต่างๆ

เมื่อนำข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดเฉลี่ย และข้อมูลเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรด โดยมีข้อมูล ดังที่แสดงในตาราง 4.12 ทำการแยกกลุ่มสำหรับสร้างสมการมาวิเคราะห์สร้างสมการสำหรับการทำนายและทดสอบสมการมาผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธีการต่างๆ และทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยบางส่วนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดหรือ partial least squares regression (PLSR) ใช้วิธีการปรับเทียบแบบ cross-validation ได้ผลดังในตารางที่ 4.13 จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการ pretreatment ข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดด้วยวิธี standard normal variate ร่วมกับ smooth และ second derivative ได้โมเดลที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด ได้ค่าของ partial least squares factors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 7 มีค่า correlation coefficient (R) เท่ากับ 0.90 และมีค่าความผิดพลาดทางการทำนายหรือ root mean square error of prediction (RMSEP) เท่ากับ 2.8 และนำข้อมูลสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดเฉลี่ย และข้อมูลเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่ผ่านกระบวนการ pretreatment ด้วยวิธี standard normal variate ร่วมกับวิธี smooth และ Second derivative มาสร้างสมการทำนายสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับความรุนแรงต่างๆ ได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 4.14 ได้ค่าของ partial least squares factors เท่ากับ 7 มีค่า correlation coefficient (R) เท่ากับ 0.83 และมีค่าความผิดพลาดทางการทำนายหรือ root mean square error of prediction (RMSEP) เท่ากับ 3.35 ซึ่งได้ค่าความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นในการสร้างสมการเพื่อทำนายสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับความรุนแรงต่างๆ ได้

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดในกลุ่มของ calibration set และ prediction set

Items	Training set	Test set
Number of sample	163	80
Range	0 – 35.57	0-21.48
Mean	4.6495	4.4816
SD	6.47	5.99
Wavelength	665-955	665-955

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

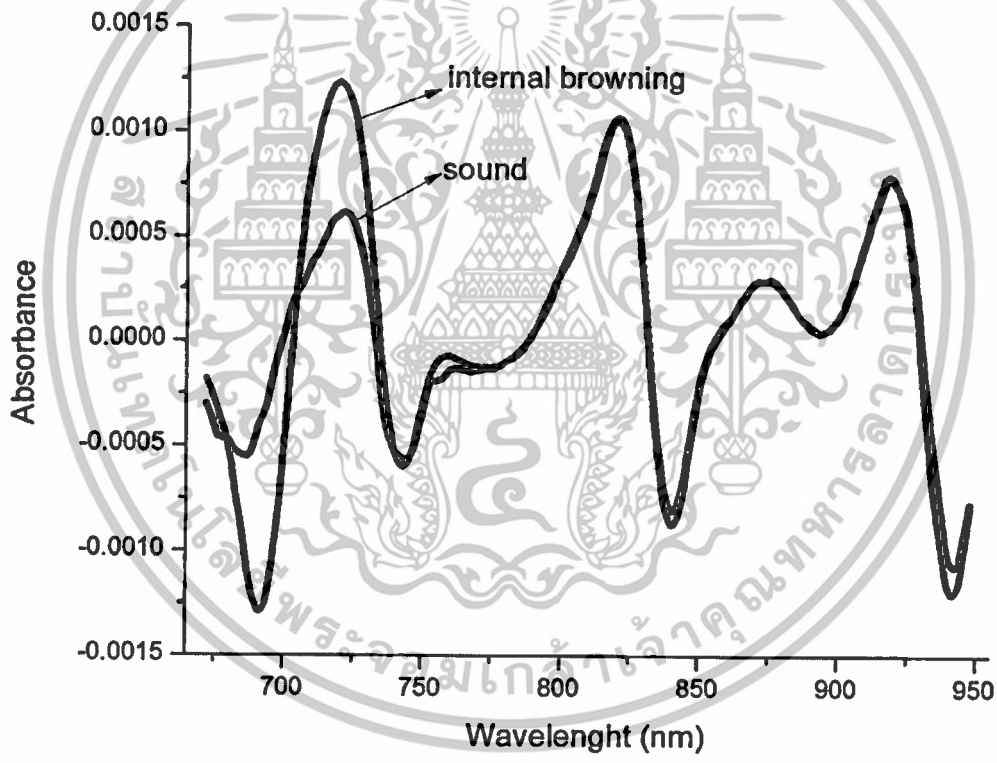
ตารางที่ 4.13 ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรด และสมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล

method	N	F	R	RMSEC
Original	8	163	0.86	3.25
Smoothing11	8	163	0.86	3.27
Smoothing 5	8	163	0.86	3.26
Smoothing 17	8	163	0.86	3.30
Smoothing 23	8	163	0.85	3.33
Smoothing 27	7	163	0.85	3.37
First derivative 5	7	163	0.88	3.09
First derivative 11	8	163	0.87	3.20
First derivative 17	8	163	0.87	3.22
First derivative 23	6	163	0.86	3.27
Second derivative 5	8	163	0.88	2.56
Second derivative 11	7	163	0.89	2.94
Second derivative 17	7	163	0.87	3.19
Second derivative 23	8	163	0.86	3.23
Multiplicative scatter correction full	7	163	0.86	3.26
Multiplicative scatter correction off	7	163	0.86	3.25
standard normal variate	8	163	0.86	3.25
Mean	7	163	0.86	3.31
Smooth 5 + first derivative 5	8	163	0.87	3.20
Smooth 5 + second derivative 5	8	163	0.90	2.75
Mean+smoothing 5	8	163	0.86	3.26
Mean+smoothing 5+ second derivative 5	8	163	0.9	2.75
Standard Normal Variate +smooth 5+ second derivative 5	7	163	0.90	2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ประสิทธิภาพสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรด

Preprocessing	No. of PLS factor	Calibration			Prediction		
		N	R	RMSEC	N	R	RMSEP
standard normal variate +smooth + second derivative	7	163	0.90	2.8	80	0.83	3.35



ภาพที่ 4.10 แสดงความยาวคลื่นที่สำคัญที่ใช้ในการสร้างสมการของสับปะรดปกติ และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลตัวอย่างที่นำมาทำการทดลองวัดด้วยเครื่อง NIRS สเปกตรัมของสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) และสเปกตรัมสับปะรดปกติ (sound)ดังภาพที่ 4.10 แสดงสเปตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติเฉลี่ย และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล จากรูปจุดยอดสูงสุดของการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นของผลสับปะรดปกติและสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล อยู่ที่ 680, 760, 850 และ 940 nm ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้จากการทดลองในการสร้างสมการเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อค่าความเป็นกรดพบว่าให้ค่าการทำนายที่ดี กล่าวได้ว่าสามารถนำสมการที่ได้ไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น

จากผลที่ได้จากการทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถสร้างสมการในการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลออกจากสับปะรดปกติได้ค่าความถูกต้องแม่นยำ และสามารถสร้างสมการเพื่อทำนายระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดได้ดี จึงกล่าวได้ว่า สามารถนำสมการที่ได้มาปรับใช้ในกระบวนการคัดคุณภาพของสับปะรดปกติออกจากสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลแบบไม่ทำลายตัวอย่างที่ต้องการวัด โดยใช้เทคนิคแสงย่านความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น และ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องคัดแยกแบบไม่ทำลายสำหรับสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีคุณภาพแตกต่างกันได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับสับปะรด. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

กรมศุลกากร. 2554. สถิติการส่งออกสับปะรด. เข้าถึงได้จาก http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex2553.jsp (1 มกราคม 2555)

เกตุอร ทองเครือ. 2541. การปลูกสับปะรด. กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2535. อิทธิพลของสารประกอบทางเคมีภายในผลและการใช้สารเคลือบผิวต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และจริงแท้ ศิริพานิช. 2536. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด และ วิธีป้องกัน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์. กรุงเทพมหานคร.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. คุณภาพสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตภายใต้สภาพบรรยากาศควบคุมโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์ และผลของสารเคลือบผิวและสารป้องกันกำจัดเชื้อรา. ‘ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

เดช อยู่ชา. 2536. หนังสือความรู้เนื่องในโอกาสนิทรรศการสับปะรดไทยครั้งที่ 7. สำนักพิมพ์สวนการพิมพ์. จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.

ดารา พวงสุวรรณ. 2530. การทดสอบการส่งกล้วยไข่และสับปะรดไปยังตลาดญี่ปุ่น. วารสารสมาคมพืชสวน. 2(1) : 74-83.

นิพนธ์ ตังคณานุรักธ์. 2547. สเปกโตรสโกปีด้านการวิเคราะห์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

นิภาดาประสมทอง และ มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย. 2553. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์ปัตตาเวีย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(1) (พิเศษ): 85-95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาริชาติ เทียนจุมพล ,ระจิตร สุวพาณิช และ วิชชา สะอาดสุด. 2551. การตอบสนองของอาการสะท้านหนาวในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่อแสงเนียร์อินฟราเรด. ว. วิทย์. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 58-61

พัลลภ ทองเนียม, ไพลิน ชัยตรี และ วิตรี นิลทุ้ย. 2544. การตรวจสอบคุณภาพภายในของมังคุดโดยวิธีการไม่ทำลายด้วยวิธี NIR Spectroscopy. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ธงชัย เนมขุนทด. 2530. การปลูกสับปะรด. กรุงเทพมหานคร. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. หน้า

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ และคณะ. 2553. การตรวจสอบความผิดปติไส้ฉ่ำน้ำอย่างไม่ทำลายในผลสาลี่. ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 381-354

รัศมี พักกลัด. 2531. อิทธิพลของระดับอุณหภูมิต่างๆในการเก็บรักษาผลสับปะรดต่อการเกิด chilling injury. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

วารุณี ธนะแพทย์ ,ศุมาพร เกษมสำราญ , สิรินภา สราญวงศ์ และ สุมิโอะ คาวาโน. 2551 การตรวจหาไข่และหนอนของแมลงวันผลไม้ในมะม่วงส่งออกโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 54-57

ศิรินนภา ศรัณ์วงศ์. 2001. การหาระดับความแก่สำหรับเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงเพื่อการบริโภคสดแบบไม่ทำลายตัวอย่างโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 9 : หน้า 287-295.

สนธิสุข ธีระชัยชยุติ. 2550. เทคนิคการตรวจสอบเนื้อแก้วในมังคุดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านใกล้อินฟราเรด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

อิษยา ภู่สิทธิกกุล และจริงแท้ ศิริพานิช. 2551. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 (3) . หน้า 176-179.

อ้อมอรุณ นุกูลธรประกิต. 2547. อนุมูลเสรีและตัวต้านออกซิเดชันกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน. กรุงเทพมหานคร.

อารยา กิจชระภูมิ. 2545. การวิเคราะห์ส่วนครองตลาดและอุปสงค์การนำเข้าสับปรดกระป๋องจากไทยของประเทศผู้นำเข้าสำคัญ. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน. กรุงเทพมหานคร.

Abdullah, H., Rohaya, M.A. and Zaipun, M.Z. 1987. Storage study of pineapple (Ananas comosus cv.Sarawak) with special emphasis on black heart disorder. Hort. Abstr. 57(8): 6738.

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batholomew, D.P. and Kadzimin, S.B. 1976. Porometer cup to measure leaf resistance of pineapple. Crop Sci. 16: 565-568.

Carlini, P., Massantini, R. and Mencarelli, F. 2000. Vis-NIR measurement of soluble solids in cherry and apricot by PLS regression and wavelength selection. J.Agric. Food Chem. 48: 5236–5242.

Chen, P. and Nattuvetty, VR. 1980. Light transmittance through a region of an intact fruit. Trans ASAE. 23: 519-522.

Collins, J.L. 1968. The Pineapple. Leonard Hill, London. P 47.

Downey, G. 1994. Qualitative analysis in the Near Infrared region. The Analyst 119: 2367-2375.

Greensill, C.V. and Walsh, K.B. 2000. Aremote acceptance probe and illumination configuration for spectral assessment of internal attributes of intact fruit. Meas. Sci. Technol. 11: 1674–1684.

Greensill, C.V.and Walsh, K.B. 2000. Optimisation of instrument precision and wavelength resolution for the performance of NIR calibrations of sucrose in a water-cellulose matrix. Appl. Spectrosc. 54: 426–430.

Gunasekaran, S. and Irudayaraj, J. 2001. Optical methods: visible NIR and FTIR spectroscopy. In: Nondestructive Food Evaluation. Techniques to Analyse Properties and Quality. Marcel Dekker Inc., New York, USA. P 45.

Guyer, D.E., Ariana, D. and Shrestha, B., Lu, R.F. 2006. Opto-electonic determination of Insect presence in fruit. In: Portland, OR, Proceedings of the ASAE, Paper number 066061.

Herrera, J., Guesalaga, A. and Agosin, E. 2003. Shortwave-near infrared spectroscopy for non-destructive determination of maturity of wine grapes. Meas. Sci. Technol. 14: 689–697.

Image J (Ver. 1.36, available at http://www.rsb.info.nih.gov/ij; developed by Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA).

Kawano, S., Abe, H., and Iwamoto, M. 1995. Development of a calibration equation with temperature compensation for determining the Brix value in intact peaches. J. Near Infrared Spectrosc. 3: 211-218.

Kawano, S., Watanabe, H. and Iwamoto, M. 1992. Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 61: 445–451.

Kader, A.A. 1996. Recommendation for maintaining postharvest quality of pineapple. Perishable Handing Newsletter. 88: 19-20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kleynen, O., Leemans, V., & Destain, M.-F. (2005). Development of a multi-spectral vision system for the detection of defects on apples. Journal of Food Engineering, 69(1), 41–49.

Lyons, J.M. 1973. Chilling injury in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 445-466.

Lu, R. 2001. Predicting firmness and sugar content of sweet cherries using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. Trans. ASAE 44: 1265–1271.

Makoto Hasegawa, Takashi Shiina, Masahide Terazima and Shigeichi Kumazaki. 2010. Selective Excitation of Photosystems in Chloroplasts Inside Plant Leaves Observed by Near-Infrared Laser-Based Fluorescence Spectral Microscopy. Plant Cell Physiol. 51(2): 225–238.

McGlone, V.A. and Kawano, S. 1998. Firmness, dry-matter and soluble-solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR-spectroscopy. Postharvest Biol. Technol. 13: 131–141.

McGlone VA, Abe H, Kawano S (2005). Kiwifruit firmness by nearinfrared light scattering. J. Near Infrared Spectrosc. 5: 3-89.

Miller, W.M. and Zude-Sasse , M. 2004. NIR-based sensing to measure soluble solids content of florida citrus. Appl. Eng. Agric. 20: 321–327.

Miyamoto, S., Marcinkiewicz, C., Edmunds, Jr, L.H. & Niewiarowski, S. (1998) Measurement of platelet microparticles during cardiopulmonary bypass by means of captured ELISA for GPIIb/IIIa. Thrombosis and Haemostasis, 80, 225–230.

Osborne, B.G., Fearn, T. and Hindle, PH. 1993. Practical NIR Spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Second Edition. Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex, UK. 227 pp.

Patterson, B.D., Paull, R.E., and Smiuje, R.M. 1978 Chilling resistance in Lycopersicon hirswum Humb. & Bonpl., a wild tomato with a wide altitudinal distribution. Aust J Plant Physiol 5: 609-617

Paull, R.E. and Rohrbach, K.G. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 (1): 100-105.

Pesis, E., Marinansky, R., Zauberman, G. and Fuchs, Y. 1994. Prestorage low-oxygen atmosphere treatment reduces chilling injury symptoms in 'Fuerte' avocado fruit. HortScience. 29 (9): 1042-1046.

Sabehat, A., Wiss, D. and Lurie, S. 1996. The correlation between heat-shock protein accumulation and persistence and chilling tolerance in tomato fruit. Plant Physiol. 110: 531-537.

Saltveit, M. 1997. A summary of CA and MA requirement and recommendations for harvested

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

vegetables. In: M.E. Saltveit (ed) CA '97 Proc., Vol. 4, Vegetables and Ornamentals. Univ. of Calif., Davis CA, P. 98-117.

Sapers, G.M. 1993. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and others means. Food Technol. 47 (10): 75-84.

Schulz, H., Drews, H.H. ,Quilitzsch ,R. and Kr¨uger, H. 1998. Application of near infrared spectroscopy for the quantification of quality parameters in selected vegetables and essential oil plants. J. Near Infrared Spectrosc. 6: A 125–A 130.

Soler, A. 1992. Pineapple : quality criteria. CIRAD, Paris. P 48.

Tarkosova, J and Copikova, J. 2000. Determination of carbohydrate content in bananas during ripening and storage by near infrared spectroscopy. J. Near Infrared Spectrosc. 8: 21–26.

Walsh, K.B., Golic, M. and Greensill, C.V. 2004. Sorting of fruit using near infrared spectroscopy:application to a range of fruit and vegetables for soluble solids and dry matter content. J. Near Infrared Spectrosc. 2: 141–148.

Woolf, A.B., Cox, K.A.,White, A. and I.B. Ferguson. 2002. Low temperature conditioning treatments reduce external chilling injury of 'Hass' avocados. Posthavest Biol. Technol. 28: 113-122.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานสับปะรด

1. นิยามของผลิตผล

มาตรฐานนี้ใช้กับ สับปะรด (Pineapples) พันธุ์ที่ผลิตเป็นการค้าซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae สำหรับการบริโภคสด

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 เสีย หมายถึง สับปะรดเน่า สุกเกินไป เนื้อมีสีเหลืองใส มีกลิ่นโอ่หรือมีกลิ่นบูดเหม็น เปรี้ยว ขั้วขึ้นราแดดเผาจนเนื้อเป็นสีดำ มีรอยสัตว์กัดแทะ หรือบาดแผลจากของมีคม

2.2 แดดเผา หมายถึง สับปะรดที่มีรอยไหม้ที่ผิวเปลือกชัดเจน เมื่อปาดดูจะเห็นเนื้อสีซีดเป็นโพรง

2.3 ช้ำ หมายถึง สับปะรดที่มีรอยช้ำ เมื่อใช้มือกดเนื้อจะยุบลง

2.4 ผลแกน หมายถึง เนื้อสับปะรดแข็งกระด้าง มีสีขาวหรือน้ำตาลถึงดำ

3. ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ

3.1 คุณภาพขั้นต่ำ

3.1.1 สับปะรดทุกชั้นมาตรฐานต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้น และ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้มีได้ตามที่ระบุไว้

3.1.1.1 เป็นสับปะรดทั้งผล มีหรือไม่มีจุกและก้าน

3.1.1.2 ผลมีความสด กรณีที่มีจุกต้องไม่มีใบตายหรือใบแห้ง

3.1.1.3 ไม่มีรอยช้ำ ไม่มีลักษณะของแดดเผา ผลแกน และไม่เน่าเสียที่จะทำให้ไม่เหมาะสมกับการบริโภค

3.1.1.4 สะอาด และปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

3.1.1.5 ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อรูปลักษณ์ทั่วไปของผลิตผล

3.1.1.6 ไม่มีความเสียหายของผลิตผลเนื่องจากศัตรูพืช

3.1.1.7 ไม่มีตำหนิที่เห็นเด่นชัด

3.1.1.8 ปลอดจากความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ และหรืออุณหภูมิสูง

3.1.1.9 ปลอดจากความชื้นที่ผิดปกติจากภายนอก ทั้งนี้ไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดหลังการนำออกจากห้องเย็น

3.1.1.10 ปลอดจากกลิ่นและรสชาติแปลกปลอม หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ผลสับปะรดต้องแก่ได้ที่เหมาะสมกับพันธุ์และพื้นที่ปลูก เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองยกเว้นพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาว และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids) ไม่น้อยกว่า 12 องศาบริกซ์ ผลอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

3.2 การแบ่งชั้นคุณภาพ สับปะรดตามมาตรฐานนี้ แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

3.2.1 ชั้นพิเศษ (Extra Class) สับปะรดในชั้นนี้มีคุณภาพดีที่สุด มีลักษณะรูปทรง สี และกลิ่นรสปกติตรงตามพันธุ์ ผลปลอดจากตำหนิ ยกเว้นตำหนิเล็กน้อยมากที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน และไม่มีผลต่อรูปลักษณ์ทั่วไปของผลรวมทั้ง ต่อคุณภาพภายใน คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ หากสับปะรดมีจุก ติดอยู่ จุกต้องเป็นจุกเดี่ยว ตรง ไม่มีแขนง และมีความยาวระหว่าง 0.5-1.5 เท่าของความยาวผล

3.2.2 ชั้นหนึ่ง (Class I) สับปะรดในชั้นนี้มีคุณภาพดี มีลักษณะตรงตามพันธุ์ ผลมีตำหนิได้เล็กน้อยในด้านรูปทรง สี และผิว เช่น รอยแผล แต่ตำหนิที่ผิวโดยรวมต่อผลมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 4 ของพื้นผิวทั้งหมดของผล โดยไม่มีผลต่อ รูปลักษณ์ทั่วไปของผลรวมทั้งต่อคุณภาพภายใน คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอใน ภาชนะบรรจุ หากสับปะรดมีจุกติดอยู่ จุกต้องเป็นจุกเดี่ยว ตรงหรือโค้งได้เล็กน้อย ไม่มีแขนง และมีความ ยาวระหว่าง 0.5-1.5 เท่าของความยาวผล

3.2.3 ชั้นสอง (Class II) ชั้นนี้รวมสับปะรดที่ไม่เข้าขั้นชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพขั้นต่ำตามข้อ 3.1 มีตำหนิได้เล็กน้อยในด้านรูปทรง สี และผิวผลิตผล เช่น รอยแผล หรือรอยช้ำ แต่ตำหนิที่ผิวโดยรวมต่อผลต้องมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 8 ของ พื้นผิวทั้งหมด โดยไม่มีผลต่อรูปลักษณ์ทั่วไปของผล รวมทั้งต่อคุณภาพภายใน คุณภาพระหว่างการเก็บ รักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ หากสับปะรดมีจุกติดอยู่ เป็นจุกเดี่ยวหรือสองจุกได้ จุกตรง หรือโค้งได้เล็กน้อย และไม่มีแขนง

4 ข้อกำหนดเรื่องขนาด

ขนาดของผลจะพิจารณาจากน้ำหนักเฉลี่ยของผล ซึ่งอนุญาตให้มีน้ำหนักมากกว่าหรือน้อยกว่าน้ำหนักผลของ แต่ละขนาดไม่เกินร้อยละ 12 ทั้งนี้ต้องมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดไม่น้อยกว่า 330 กรัม ตามตารางที่ 1 ยกเว้น สับปะรดพันธุ์ที่มีผลขนาดเล็กในกลุ่มควีน เช่น ตราดสีทอง ภูเก็ต และสวี ซึ่งยอมให้มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุด ไม่น้อยกว่า 250 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 1 ข้อกำหนดเรื่องขนาดของผลสับปะรด

รหัส	มีจุก		ไม่มีจุก	
	น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม)	ค่า (± ร้อยละ 12) ของน้ำหนักผลเฉลี่ย	น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม)	ค่า (± ร้อยละ 12) ของน้ำหนักผลเฉลี่ย
1	2,750	2,420 – 3,080	2,280	2,006– 2,554
2	2,300	2,024 -2,576	1,910	1,681 -2,139
3	1,900	1,672-2,128	1,580	1,390-1,770
4	1,600	1,408-1,792	1,330	1,170-1,490
5	1,400	1,232-1,568	1,160	1,021-1,299
6	1,200	1,056-1,344	1,000	880-1,120
7	1,000	880-1,120	830	730-930
8	800	704-896	660	581-739
9	600	528-672	500	440-560
10	400	352-448	300	290-370

5 ข้อกำหนดเรื่องเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องคุณภาพและขนาดที่ยอมให้มีได้ในแต่ละรุ่นที่ตรวจสอบสำหรับผลิตผลที่ไม่เข้าชั้นที่ระบุไว้ มีดังนี้

5.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องคุณภาพ

5.1.1 ชั้นพิเศษ ("Extra" Class) ไม่เกินร้อยละ 5 ของจำนวนผลทั้งหมดหรือน้ำหนักรวมของผลสับปะรด ที่คุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ของชั้นพิเศษ แต่เป็นไปตามคุณภาพของชั้นหนึ่ง หรือคุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของชั้นหนึ่ง

5.1.2 ชั้นหนึ่ง (Class I) ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลทั้งหมดหรือน้ำหนักรวมของผลสับปะรดที่คุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ของชั้นหนึ่ง แต่เป็นไปตามคุณภาพของชั้นสอง หรือคุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของชั้นสอง

5.1.3 ชั้นสอง (Class II) ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลทั้งหมดหรือน้ำหนักรวมของผลสับปะรดที่คุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ของชั้นสอง หรือไม่ได้คุณภาพขั้นต่ำ แต่ต้องไม่มีผลเน่าเสียหรือมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการบริโภค

5.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องขนาด สับปะรดทุกชั้นมีผลสับปะรดขนาดใหญ่หรือเล็กกว่าชั้นถัดไปหนึ่งชั้นปนมาได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดย จำนวนผลหรือน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 ข้อกำหนดเรื่องการการบรรจุและการจัดเรียงเสนอ

6.1 ความสม่ำเสมอ สับปะรดที่บรรจุในแต่ละภาชนะบรรจุต้องมาจากแหล่งเดียวกัน มีความสม่ำเสมอ ทั้งในเรื่องของพันธุ์ คุณภาพ ขนาด และสี ส่วนของผลในภาชนะบรรจุ ที่มองเห็นได้ต้องเป็นตัวแทนของทั้งหมด

6.2 การบรรจุหีบห่อ บรรจุสับปะรดในลักษณะที่สามารถเก็บรักษาสับปะรดได้เป็นอย่างดี วัสดุที่ใช้ภายในภาชนะบรรจุต้อง สะอาด และมีคุณภาพเพื่อป้องกันความเสียหายอันจะมีผลต่อสับปะรด การใช้วัสดุโดยเฉพาะกระดาษหรือตรา ประทับที่มีข้อกำหนดทางการค้าสามารถทำได้หากมีการพิมพ์หรือการแสดงฉลากให้ใช้หมึกพิมพ์หรือกาวที่ ไม่เป็นพิษ

6.2.1 รายละเอียดของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ต้องมีคุณภาพ ถูกสุขลักษณะ ถ่ายเทอากาศได้ และมีคุณสมบัติทนทานต่อการขนส่ง และรักษา ผลสับปะรดได้ บรรจุภัณฑ์ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมและกลิ่น

7 การแสดงเครื่องหมายหรือฉลาก

7.1 บรรจุภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค มีข้อความแสดงรายละเอียดให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน ไม่เป็นเท็จหรือหลอกลวง ดังต่อไปนี้

7.1.1 ประเภทของผลิตผล ข้อความว่า “สับปะรด” และหรือ “ชื่อพันธุ์สับปะรด” ถ้าไม่สามารถมองเห็นผลิตผลจากภายนอกของ ภาชนะบรรจุได้

7.1.2 น้ำหนักสุทธิเป็นระบบเมตริก

7.1.3 ข้อมูลผู้จำหน่าย ชื่อ และที่ตั้งของผู้จำหน่าย หรือผู้แบ่งบรรจุ หรือแสดงเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

7.1.4 ประเทศผู้ผลิต หากการไม่ระบุประเทศจะทำให้เกิดความเข้าใจผิด หรือเป็นการหลอกลวง ผู้บริโภค

7.2 บรรจุภัณฑ์สำหรับขายส่ง แต่ละหีบห่อประกอบด้วยข้อความ ซึ่งจะระบุในเอกสารกำกับสินค้า หรือฉลาก หรือแสดงไว้ที่ภาชนะ บรรจุก็ได้ ข้อความต้องอ่านได้ชัดเจน ไม่หลุดลอก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.2.1 ข้อมูลผู้ขายส่ง ระบุชื่อและที่ตั้งของผู้ขายส่ง ผู้บรรจุ และหมายเลขรหัสสินค้า (ถ้ามี)

7.2.2 ประเภทของผลิตผล ข้อความว่า “สับปะรด” และหรือ “ชื่อพันธุ์สับปะรด”

7.2.3 ข้อมูลแหล่งผลิต ประเทศที่ผลิต และหรือแหล่งผลิตในประเทศ

7.2.4 ข้อมูลเชิงพาณิชย์

7.2.4.1 ชั้นคุณภาพ

7.2.4.2 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.4.3 จำนวนต่อหน่วยบรรจุภัณฑ์ หรือน้ำหนักสุทธิเป็นระบบเมตริก

7.3 ภาษา ฉลากของสับปะรดต้องมีข้อความเป็นภาษาไทย กรณีฉลากสับปะรดที่ผลิตเพื่อส่งออกจะแสดงข้อความเป็นภาษาใดก็ได้

7.4 รายงานผลการตรวจ ใบรับรองผลการตรวจ หรือเครื่องหมายรับรอง ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขของหน่วยตรวจ หรือหน่วยรับรองที่ได้รับการยอมรับจากกระทรวง เกษตรและสหกรณ์

8 สารปนเปื้อน ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่องสารปนเปื้อน

9 สารพิษตกค้าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร แห่งชาติ เรื่องสารพิษตกค้าง

10 สุขลักษณะ การเก็บเกี่ยว การปฏิบัติต่อผลสับปะรดในขั้นตอนต่างๆ รวมถึงการเก็บรักษา และการขนส่งสับปะรดต้อง ปฏิบัติอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

11 วิธีวิเคราะห์และชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร แห่งชาติ เรื่องวิธีวิเคราะห์และชักตัวอย่าง(กรมวิชาการเกษตร, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่ากรดและปริมาณของแข็งที่ละลายได้

1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids)

โดยหยดตัวอย่างของเหลว ลงบนแผ่นกระจกของ Hand-held Refractometer (Atago, Japan) ที่ล้างสะอาดและเช็ดจนแห้งสนิท ส่องดู refractive index ซึ่งบอกค่าเป็นกรัมของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่อ 100 มิลลิลิตร

2. วิธีวิเคราะห์หากรดทั้งหมด (total acidity)

โดยดูดตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นจำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดฟีนอฟทาลีน indicator ลงไป 2-3 หยด ไทเตรทด้วยสารละลาย NaOH 0.1 N มาตรฐานจนถึงจุดยุติเกิดสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาณของด่างมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรท คำนวณปริมาตรกรดเป็นเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติก โดยใช้สูตร (AOAC, 1995)

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรด} = \frac{(N)(V)(MW)(100)}{(10)(1000)}$$

เมื่อ N = นอร์มอลของด่างที่ใช้

V = ปริมาณด่างที่ใช้ในการไทเตรท(มิลลิกรัม)

10 = ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิกรัม)

100 = คิดเป็นร้อยละ

MW 163.39 = น้ำหนักโมเลกุลของกรดอะซิติก

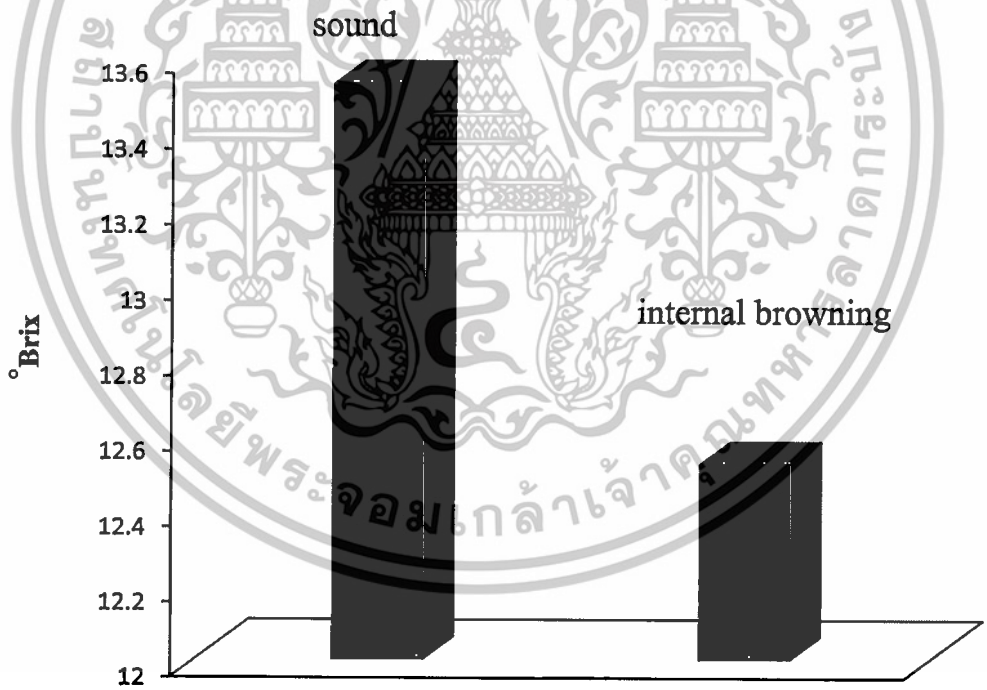
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

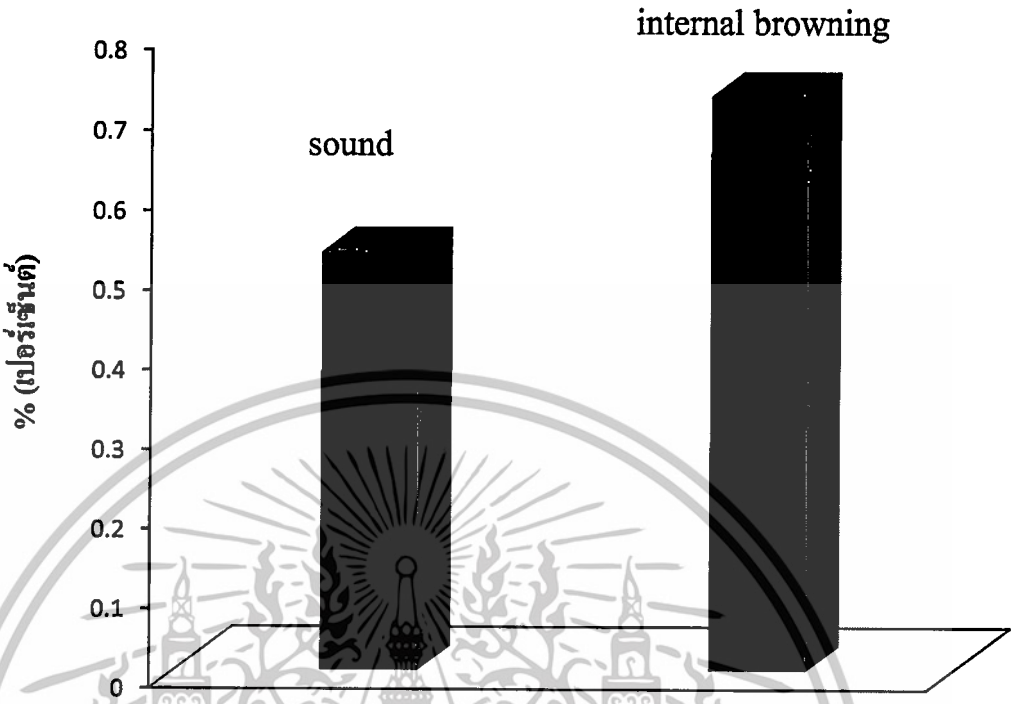
การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดของสับปะรดปกติ และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล

จากการทดลองนำข้อมูลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และค่าความเป็นกรด (TA) ดังที่แสดงในตาราง ง1 มาทำการสร้างแผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรด ของสับปะรดปกติ (sound) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) แสดงดังภาพที่ ค1 และ ค2 ตามลำดับ จากภาพจะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสับปะรดปกติมากกว่าสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล แต่ค่าความเป็นกรดของสับปะรดปกติมีน้อยกว่าสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล



ภาพที่ ค1 แผนภูมิแสดง TSS ของสับปะรดปกติ (sound) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค2 แผนภูมิแสดง TA ของสับปะรดปกติ (sound) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
1	17.23	0.35	49.47	0
2	16.85	0.24	69.72	0
3	15.73	0.31	51.03	0
4	15.70	0.48	33.05	0
5	15.58	0.33	47.46	0
6	15.57	0.63	24.58	0
7	15.52	0.53	29.18	0
8	15.42	0.51	30.33	0
9	15.32	0.63	24.31	0
10	15.10	0.66	23.02	0
11	14.95	0.45	33.60	0
12	14.52	0.85	17.18	0
13	14.50	0.49	29.39	0
14	14.47	0.46	31.34	0
15	14.43	0.68	21.23	0
16	14.43	0.62	23.28	0
17	14.38	0.50	28.96	0
18	14.28	0.48	29.76	0
19	14.27	0.48	30.04	0
20	14.25	0.56	25.60	0
21	14.22	0.45	31.36	0
22	14.18	0.65	21.99	0
23	14.18	0.54	26.39	0
24	14.18	0.49	29.24	0
25	14.13	0.54	26.17	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
26	14.13	0.48	29.44	0
27	14.00	0.45	31.23	0
28	13.98	0.45	31.02	0
29	13.95	0.33	42.92	0
30	13.93	0.46	30.29	0
31	13.93	0.78	17.84	0
32	13.92	0.55	25.30	0
33	13.80	0.59	23.59	0
34	13.77	0.53	26.14	0
35	13.75	0.50	27.36	0
36	13.73	0.51	26.80	0
37	13.68	0.85	16.13	0
38	13.65	0.72	19.09	0
39	13.62	0.34	40.65	0
40	13.55	0.25	53.84	0
41	13.52	0.47	28.86	0
42	13.40	0.40	33.22	0
43	13.38	0.57	23.31	0
44	13.37	0.50	26.82	0
45	13.37	0.72	18.56	0
46	13.32	0.61	21.86	0
47	13.30	0.39	34.25	0
48	13.28	0.41	32.40	0
49	13.25	0.90	14.67	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
50	13.20	0.50	26.67	0
51	13.20	0.86	15.30	0
52	13.18	0.40	32.69	0
53	13.18	0.62	21.15	0
54	13.13	0.50	26.40	0
55	13.10	0.46	28.79	0
56	12.90	0.58	22.31	0
57	12.82	0.60	21.21	0
58	12.78	0.57	22.36	0
59	12.77	0.41	30.89	0
60	12.77	0.47	27.16	0
61	12.75	0.40	32.28	0
62	12.73	0.55	23.15	0
63	12.62	0.82	15.46	0
64	12.55	0.35	36.38	0
65	12.53	0.34	37.04	0
66	12.50	0.58	21.49	0
67	12.47	0.60	20.89	0
68	12.43	0.59	21.07	0
69	12.40	0.57	21.60	0
70	12.38	0.63	19.66	0
71	12.33	0.65	19.12	0
72	12.32	0.64	19.15	0
73	12.28	0.53	23.18	0
74	12.23	0.47	25.94	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
75	12.18	0.43	28.44	0
76	12.17	0.50	24.17	0
77	12.12	0.46	26.63	0
78	12.07	0.50	24.01	0
79	12.02	0.31	38.66	0
80	11.98	0.43	27.76	0
81	11.97	0.44	27.09	0
82	11.92	0.54	22.10	0
83	11.92	0.48	24.91	0
84	10.43	0.75	13.85	0
85	15.73	0.46	33.96	0
86	15.55	0.36	43.80	0
87	15.43	0.27	57.16	0
88	15.32	0.70	21.93	0
89	14.97	0.22	67.01	0
90	14.82	0.63	23.52	0
91	14.68	0.68	21.62	0
92	14.50	0.76	19.12	0
93	14.43	0.53	27.41	0
94	14.42	0.51	28.27	0
95	14.37	0.36	40.28	0
96	14.25	0.72	19.68	0
97	14.18	0.51	27.99	0
98	14.17	0.49	28.91	0
99	14.12	0.45	31.55	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
100	14.02	0.42	33.37	0
101	13.97	0.51	27.57	0
102	13.93	0.52	26.67	0
103	13.92	0.38	37.11	0
104	13.92	0.33	41.75	0
105	13.78	0.58	23.83	0
106	13.75	0.78	17.63	0
107	13.73	0.37	37.54	0
108	13.67	0.76	18.04	0
109	13.65	0.61	22.32	0
110	13.60	0.53	25.90	0
111	13.48	1.08	12.47	0
112	13.38	0.39	34.76	0
113	13.35	0.46	29.18	0
114	13.30	0.63	21.17	0
115	13.20	0.72	18.29	0
116	13.18	0.43	30.78	0
117	13.03	0.43	30.31	0
118	12.90	0.56	22.87	0
119	12.88	0.59	21.77	0
120	12.77	0.47	26.97	0
121	12.63	0.64	19.90	0
122	12.53	0.53	23.65	0
123	12.48	0.39	31.87	0
124	12.40	0.39	31.66	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
125	12.32	0.51	24.15	0
126	12.23	0.44	27.59	0
127	12.22	0.36	33.78	0
128	12.08	0.54	22.48	0
129	11.98	0.57	21.21	0
130	11.83	0.35	33.65	0
131	11.77	0.86	13.75	0
132	11.70	0.44	26.59	0
133	11.58	0.43	26.83	0
134	15.90	0.38	41.93	1
135	15.83	0.88	18.06	1
136	15.50	0.53	29.11	1
137	15.47	0.42	36.90	1
138	15.45	0.31	49.31	1
139	15.15	0.61	24.77	1
140	15.07	0.59	25.72	1
141	14.82	0.61	24.16	1
142	14.68	0.68	21.54	1
143	14.58	0.50	29.17	1
144	14.42	0.60	24.13	1
145	14.18	0.71	20.12	1
146	14.12	0.74	19.12	1
147	14.05	0.54	26.02	1
148	13.93	0.43	32.53	1
149	13.92	0.60	23.19	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
150	13.88	0.49	28.38	1
151	13.88	0.52	26.66	1
152	13.83	0.68	20.44	1
153	13.78	0.44	31.27	1
154	13.75	0.57	24.09	1
155	13.67	0.82	16.75	1
156	13.62	0.48	28.27	1
157	13.47	0.41	32.52	1
158	13.45	0.51	26.63	1
159	13.20	0.31	42.81	1
160	13.17	1.11	11.83	1
161	13.05	0.32	41.10	1
162	12.97	0.73	17.86	1
163	12.97	0.75	17.19	1
164	12.90	0.27	47.48	1
165	12.75	0.68	18.89	1
166	12.73	0.72	17.69	1
167	12.62	0.71	17.75	1
168	12.58	0.71	17.85	1
169	12.43	0.67	18.58	1
170	12.43	0.61	20.49	1
171	12.33	0.86	14.29	1
172	12.23	0.81	15.10	1
173	12.23	0.81	15.10	1
174	12.22	0.68	18.10	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
175	12.12	0.61	19.92	1
176	12.08	0.83	14.65	1
177	12.08	0.50	24.17	1
178	11.98	0.75	16.09	1
179	11.90	0.87	13.67	1
180	11.90	0.94	12.64	1
181	11.83	0.83	14.30	1
182	11.82	1.09	10.81	1
183	11.77	0.66	17.87	1
184	11.58	0.80	14.48	1
185	11.57	0.66	17.55	1
186	11.55	0.87	13.34	1
187	11.48	0.84	13.62	1
188	11.45	1.05	10.90	1
189	11.35	0.91	12.44	1
190	11.27	0.94	12.00	1
191	11.12	0.80	13.88	1
192	10.98	0.98	11.19	1
193	10.97	0.96	11.48	1
194	10.95	0.86	12.70	1
195	10.83	1.05	10.32	1
196	10.80	0.85	12.76	1
197	10.75	1.13	9.50	1
198	10.67	0.87	12.21	1
199	10.55	0.94	11.18	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
200	10.43	0.82	12.68	1
201	10.27	0.92	11.16	1
202	10.08	0.79	12.83	1
203	9.93	0.68	14.59	1
204	9.78	0.74	13.24	1
205	9.52	0.80	11.97	1
206	9.33	0.74	12.63	1
207	9.03	0.71	12.81	1
208	16.18	0.70	23.20	1
209	15.48	0.44	35.06	1
210	15.12	0.81	18.74	1
211	14.20	0.51	27.62	1
212	13.87	0.72	19.39	1
213	13.43	0.59	22.96	1
214	13.23	0.68	19.44	1
215	13.17	0.61	21.76	1
216	13.12	0.67	19.58	1
217	12.75	0.72	17.67	1
218	12.73	0.46	27.53	1
219	12.60	1.00	12.66	1
220	12.43	0.71	17.64	1
221	12.37	0.94	13.13	1
222	12.25	0.97	12.62	1
223	12.15	1.14	10.69	1
224	12.12	0.98	12.32	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง1 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS), ค่าความเป็นกรด (TA) และ TSS/TA ของสับปะรดปกติ (0) และสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
225	12.00	0.35	34.04	1
226	11.95	0.69	17.24	1
227	11.52	0.77	15.05	1
228	11.40	0.82	13.86	1
229	11.25	0.95	11.82	1
230	10.80	0.89	12.09	1
231	10.40	0.72	14.41	1
232	10.00	0.74	13.50	1
233	8.82	0.86	10.20	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
1	14.25	0.72	0	0
2	11.92	0.54	0	0
3	13.37	0.50	0	0
4	14.13	0.48	0	0
5	12.90	0.56	0	0
6	14.25	0.56	0	0
7	13.30	0.39	0	0
8	12.77	0.47	0	0
9	13.32	0.61	0	0
10	14.12	0.45	0	0
11	15.32	0.63	0	0
12	14.47	0.46	0	0
13	15.52	0.53	0	0
14	13.60	0.53	0	0
15	14.50	0.76	0	0
16	13.80	0.59	0	0
17	12.55	0.35	0	0
18	12.08	0.54	0	0
19	13.92	0.38	0	0
20	13.92	0.55	0	0
21	15.70	0.48	0	0
22	14.13	0.54	0	0
23	13.78	0.58	0	0
24	14.82	0.63	0	0
25	12.33	0.65	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
26	12.43	0.59	0	0
27	14.95	0.45	0	0
28	13.93	0.46	0	0
29	14.70	0.40	0	0
30	13.67	0.76	0	0
31	13.35	0.46	0	0
32	14.38	0.50	0	0
33	12.32	0.64	0	0
34	13.68	0.85	0	0
35	13.20	0.52	0	0
36	13.48	1.08	0	0
37	15.55	0.36	0	0
38	13.62	0.34	0	0
39	17.23	0.35	0	0
40	16.85	0.24	0	0
41	11.98	0.43	0	0
42	14.18	0.51	0	0
43	13.93	0.78	0	0
44	14.50	0.49	0	0
45	13.20	0.72	0	0
46	13.25	0.90	0	0
47	13.92	0.33	0	0
48	15.73	0.31	0	0
49	13.55	0.25	0	0
50	15.58	0.33	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
51	13.95	0.33	0	0
52	11.97	0.44	0	0
53	12.17	0.50	0	0
54	13.52	0.47	0	0
55	15.57	0.63	0	0
56	15.42	0.51	0	0
57	14.43	0.62	0	0
58	12.53	0.34	0	0
59	12.22	0.36	0	0
60	12.50	0.58	0	0
61	12.23	0.44	0	0
62	11.98	0.57	0	0
63	13.75	0.50	0	0
64	13.13	0.50	0	0
65	13.10	0.46	0	0
66	13.97	0.51	0	0
67	12.28	0.53	0	0
68	12.07	0.50	0	0
69	14.18	0.49	0	0
70	14.97	0.22	0	0
71	14.00	0.45	0	0
72	12.77	0.47	0	0
73	12.53	0.53	0	0
74	12.32	0.51	0	0
75	13.65	0.61	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
76	13.93	0.52	0	0
77	13.75	0.78	0	0
78	14.02	0.42	0	0
79	11.70	0.44	0	0
80	13.18	0.40	0	0
81	12.38	0.63	0	0
82	12.73	0.55	0	0
83	11.92	0.48	0	0
84	12.90	0.58	0	0
85	12.73	0.44	0	0
86	11.58	0.43	0	0
87	13.77	0.53	0	0
88	14.27	0.48	0	0
89	12.77	0.41	0	0
90	11.77	0.86	0	0
91	10.43	0.75	0	0
92	14.18	0.54	0	0
93	12.40	0.57	0	0
94	12.82	0.60	0	0
95	13.98	0.45	0	0
96	13.73	0.51	0	0
97	14.17	0.49	0	0
98	13.18	0.62	0	0
99	14.42	0.51	0	0
100	12.02	0.31	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
101	13.38	0.57	0	0
102	13.37	0.72	0	0
103	14.18	0.65	0	0
104	14.43	0.68	0	0
105	12.48	0.39	0	0
106	13.03	0.43	0	0
107	13.30	0.63	0	0
108	15.10	0.66	0	0
109	12.62	0.82	0	0
110	14.37	0.36	0	0
111	15.43	0.27	0	0
112	12.88	0.59	0	0
113	13.18	0.43	0	0
114	13.65	0.72	0	0
115	12.63	0.64	0	0
116	15.73	0.46	0	0
117	13.38	0.39	0	0
118	12.23	0.47	0	0
119	15.32	0.70	0	0
120	14.52	0.85	0	0
121	11.83	0.35	0	0
122	12.75	0.40	0	0
123	12.18	0.43	0	0
124	13.40	0.40	0	0
125	13.73	0.37	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
126	14.22	0.45	0	0
127	14.28	0.48	0	0
128	12.12	0.46	0	0
129	12.78	0.57	0	0
130	13.20	0.86	0	0
131	14.43	0.53	0	0
132	13.20	0.50	0	0
133	12.47	0.60	0	0
134	12.40	0.39	0	0
135	14.68	0.68	0	0
136	13.28	0.41	0	0
137	13.17	0.61	1	1.02
138	12.08	0.83	1	2.27
139	12.90	0.27	1	2.45
140	15.27	1.13	1	3.28
141	15.47	0.42	1	3.47
142	11.82	1.09	1	4.04
143	10.27	0.92	1	4.16
144	15.07	0.59	1	4.46
145	12.17	1.12	1	4.50
146	11.55	0.87	1	4.96
147	10.45	0.84	1	5.01
148	12.60	1.00	1	5.02
149	10.17	0.89	1	5.08
150	11.73	1.16	1	5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
151	10.45	0.79	1	5.15
152	11.58	1.11	1	5.16
153	12.37	0.94	1	5.21
154	10.55	0.94	1	5.26
155	10.97	0.96	1	5.31
156	12.25	0.97	1	5.42
157	12.97	0.75	1	5.48
158	9.25	0.75	1	5.69
159	12.08	1.11	1	5.71
160	10.83	0.87	1	5.82
161	12.23	0.81	1	5.93
162	12.62	0.71	1	6.04
163	11.27	0.86	1	6.21
164	8.35	0.78	1	6.21
165	11.35	0.91	1	6.35
166	11.58	0.80	1	6.64
167	10.80	0.85	1	6.89
168	10.98	0.94	1	6.93
169	9.33	0.74	1	7.00
170	11.63	0.97	1	7.29
171	10.40	0.72	1	7.50
172	9.57	0.89	1	7.67
173	10.52	0.95	1	7.81
174	9.45	0.61	1	8.06
175	12.23	0.81	1	8.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
176	9.93	0.68	1	8.08
177	14.18	0.71	1	8.19
178	11.52	0.77	1	8.38
179	12.15	1.14	1	8.50
180	11.48	0.84	1	8.72
181	11.40	0.82	1	8.76
182	11.37	0.91	1	8.81
183	10.23	0.87	1	8.92
184	10.10	0.67	1	9.04
185	8.61	0.74	1	9.06
186	11.25	0.95	1	9.15
187	11.12	0.80	1	9.27
188	11.77	0.66	1	9.29
189	12.92	1.01	1	9.47
190	8.82	0.86	1	9.71
191	10.67	0.87	1	9.71
192	10.73	0.61	1	9.99
193	11.97	0.54	1	10.08
194	11.90	0.77	1	10.15
195	10.03	0.99	1	10.49
196	10.23	0.72	1	10.70
197	10.73	0.87	1	10.73
198	11.97	0.90	1	10.84
199	10.43	0.82	1	10.93
200	11.92	0.91	1	11.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
201	11.90	0.94	1.00	11.13
202	12.33	0.86	1.00	11.20
203	9.52	0.80	1.00	11.49
204	12.73	0.72	1.00	11.62
205	10.08	0.79	1.00	11.66
206	15.12	0.81	1.00	11.71
207	10.87	0.98	1.00	11.73
208	10.98	0.98	1.00	11.82
209	10.95	0.86	1.00	11.93
210	11.58	0.80	1.00	12.11
211	11.90	0.87	1.00	12.44
212	10.85	0.81	1.00	12.45
213	9.93	0.78	1.00	12.71
214	11.45	1.05	1.00	12.72
215	10.80	0.85	1.00	12.81
216	11.33	0.58	1.00	12.90
217	10.83	1.05	1.00	12.91
218	11.52	0.94	1.00	12.92
219	11.27	0.94	1.00	12.96
220	13.25	0.75	1.00	13.05
221	11.83	0.83	1.00	13.64
222	15.63	0.79	1.00	13.73
223	11.57	0.66	1.00	13.88
224	10.20	0.97	1.00	13.92
225	10.75	1.13	1.00	13.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการ คัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาล (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) และ สมการทำนายปริมาณของค่าเปอร์เซ็นต์ระดับอาการที่เกิดไส้สีน้ำตาล (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	TSS/TA	internal browning
226	10.80	0.89	1.00	14.48
227	12.43	0.67	1.00	14.56
228	10.00	0.74	1.00	16.10
229	12.58	0.70	1.00	16.21
230	14.12	0.74	1.00	16.95
231	11.22	0.56	1.00	17.10
232	13.67	0.82	1.00	17.14
233	13.87	0.72	1.00	17.38
234	14.05	0.54	1.00	18.74
235	9.03	0.71	1.00	18.90
236	10.68	0.75	1.00	20.19
237	13.23	0.68	1.00	20.46
238	13.58	0.86	1.00	20.51
239	12.75	0.68	1.00	20.57
240	11.95	0.69	1.00	21.03
241	13.22	0.93	1.00	21.48
242	7.02	0.65	1.00	24.06
243	12.22	0.68	1.00	35.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
1	14.18	0.54	0.00	0.00
2	14.25	0.72	0.00	0.00
3	11.92	0.54	0.00	0.00
4	12.40	0.57	0.00	0.00
5	13.37	0.50	0.00	0.00
6	14.13	0.48	0.00	0.00
7	12.82	0.60	0.00	0.00
8	12.90	0.56	0.00	0.00
9	14.25	0.56	0.00	0.00
10	13.98	0.45	0.00	0.00
11	13.30	0.39	0.00	0.00
12	12.77	0.47	0.00	0.00
13	13.73	0.51	0.00	0.00
14	13.32	0.61	0.00	0.00
15	14.12	0.45	0.00	0.00
16	14.17	0.49	0.00	0.00
17	15.32	0.63	0.00	0.00
18	14.47	0.46	0.00	0.00
19	13.18	0.62	0.00	0.00
20	15.52	0.53	0.00	0.00
21	13.60	0.53	0.00	0.00
22	14.42	0.51	0.00	0.00
23	14.50	0.76	0.00	0.00
24	13.80	0.59	0.00	0.00
25	12.02	0.31	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
26	12.55	0.35	0.00	0.00
27	12.08	0.54	0.00	0.00
28	13.38	0.57	0.00	0.00
29	13.92	0.38	0.00	0.00
30	13.92	0.55	0.00	0.00
31	13.37	0.72	0.00	0.00
32	15.70	0.48	0.00	0.00
33	14.13	0.54	0.00	0.00
34	14.18	0.65	0.00	0.00
35	13.78	0.58	0.00	0.00
36	14.82	0.63	0.00	0.00
37	14.43	0.68	0.00	0.00
38	12.33	0.65	0.00	0.00
39	12.43	0.59	0.00	0.00
40	12.48	0.39	0.00	0.00
41	14.95	0.45	0.00	0.00
42	13.93	0.46	0.00	0.00
43	13.03	0.43	0.00	0.00
44	14.70	0.40	0.00	0.00
45	13.67	0.76	0.00	0.00
46	13.30	0.63	0.00	0.00
47	13.35	0.46	0.00	0.00
48	14.38	0.50	0.00	0.00
49	15.10	0.66	0.00	0.00
50	12.32	0.64	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
51	13.68	0.85	0.00	0.00
52	12.62	0.82	0.00	0.00
53	13.20	0.52	0.00	0.00
54	13.48	1.08	0.00	0.00
55	14.37	0.36	0.00	0.00
56	15.55	0.36	0.00	0.00
57	13.62	0.34	0.00	0.00
58	15.43	0.27	0.00	0.00
59	17.23	0.35	0.00	0.00
60	16.85	0.24	0.00	0.00
61	12.88	0.59	0.00	0.00
62	11.98	0.43	0.00	0.00
63	14.18	0.51	0.00	0.00
64	13.18	0.43	0.00	0.00
65	13.93	0.78	0.00	0.00
66	14.50	0.49	0.00	0.00
67	13.65	0.72	0.00	0.00
68	13.20	0.72	0.00	0.00
69	13.25	0.90	0.00	0.00
70	12.63	0.64	0.00	0.00
71	13.92	0.33	0.00	0.00
72	15.73	0.31	0.00	0.00
73	15.73	0.46	0.00	0.00
74	13.55	0.25	0.00	0.00
75	15.58	0.33	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
76	13.38	0.39	0.00	0.00
77	13.95	0.33	0.00	0.00
78	11.97	0.44	0.00	0.00
79	12.23	0.47	0.00	0.00
80	12.17	0.50	0.00	0.00
81	13.52	0.47	0.00	0.00
82	15.32	0.70	0.00	0.00
83	15.57	0.63	0.00	0.00
84	15.42	0.51	0.00	0.00
85	14.52	0.85	0.00	0.00
86	14.43	0.62	0.00	0.00
87	12.53	0.34	0.00	0.00
88	11.83	0.35	0.00	0.00
89	12.22	0.36	0.00	0.00
90	12.50	0.58	0.00	0.00
91	12.75	0.40	0.00	0.00
92	12.23	0.44	0.00	0.00
93	11.98	0.57	0.00	0.00
94	12.18	0.43	0.00	0.00
95	13.75	0.50	0.00	0.00
96	13.13	0.50	0.00	0.00
97	13.40	0.40	0.00	0.00
98	13.10	0.46	0.00	0.00
99	13.97	0.51	0.00	0.00
100	13.73	0.37	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
101	12.28	0.53	0.00	0.00
102	12.07	0.50	0.00	0.00
103	14.22	0.45	0.00	0.00
104	14.18	0.49	0.00	0.00
105	14.97	0.22	0.00	0.00
106	14.28	0.48	0.00	0.00
107	14.00	0.45	0.00	0.00
108	12.77	0.47	0.00	0.00
109	12.12	0.46	0.00	0.00
110	12.53	0.53	0.00	0.00
111	12.32	0.51	0.00	0.00
112	12.78	0.57	0.00	0.00
113	13.65	0.61	0.00	0.00
114	13.93	0.52	0.00	0.00
115	13.20	0.86	0.00	0.00
116	13.75	0.78	0.00	0.00
117	14.02	0.42	0.00	0.00
118	14.43	0.53	0.00	0.00
119	11.70	0.44	0.00	0.00
120	13.18	0.40	0.00	0.00
121	13.20	0.50	0.00	0.00
122	12.38	0.63	0.00	0.00
123	12.73	0.55	0.00	0.00
124	12.47	0.60	0.00	0.00
125	11.92	0.48	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
126	12.90	0.58	0.00	0.00
127	12.40	0.39	0.00	0.00
128	12.73	0.44	0.00	0.00
129	11.58	0.43	0.00	0.00
130	14.68	0.68	0.00	0.00
131	13.77	0.53	0.00	0.00
132	14.27	0.48	0.00	0.00
133	13.28	0.41	0.00	0.00
134	12.77	0.41	0.00	0.00
135	11.77	0.86	0.00	0.00
136	10.43	0.75	0.00	0.00
137	13.17	0.61	1.00	1.02
138	12.08	0.83	1.00	2.27
139	12.90	0.27	1.00	2.45
140	15.27	1.13	1.00	3.28
141	15.47	0.42	1.00	3.47
142	11.82	1.09	1.00	4.04
143	10.27	0.92	1.00	4.16
144	15.07	0.59	1.00	4.46
145	12.17	1.12	1.00	4.50
146	11.55	0.87	1.00	4.96
147	10.45	0.84	1.00	5.01
148	12.60	1.00	1.00	5.02
149	10.17	0.89	1.00	5.08
150	11.73	1.16	1.00	5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง3 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับต่ำ (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
151	10.45	0.79	1.00	5.15
152	11.58	1.11	1.00	5.16
153	12.37	0.94	1.00	5.21
154	10.55	0.94	1.00	5.26
155	10.97	0.96	1.00	5.31
156	12.25	0.97	1.00	5.42
157	12.97	0.75	1.00	5.48
158	9.25	0.75	1.00	5.69
159	12.08	1.11	1.00	5.71
160	10.83	0.87	1.00	5.82
161	12.23	0.81	1.00	5.93
162	12.62	0.71	1.00	6.04
163	11.27	0.86	1.00	6.21
164	8.35	0.78	1.00	6.21
165	11.35	0.91	1.00	6.35
166	11.58	0.80	1.00	6.64
167	10.80	0.85	1.00	6.89
168	10.98	0.94	1.00	6.93
169	9.33	0.74	1.00	7.00
170	11.63	0.97	1.00	7.29
171	10.40	0.72	1.00	7.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
1	14.18	0.54	0.00	0.00
2	14.25	0.72	0.00	0.00
3	11.92	0.54	0.00	0.00
4	12.40	0.57	0.00	0.00
5	13.37	0.50	0.00	0.00
6	14.13	0.48	0.00	0.00
7	12.82	0.60	0.00	0.00
8	12.90	0.56	0.00	0.00
9	14.25	0.56	0.00	0.00
10	13.98	0.45	0.00	0.00
11	13.30	0.39	0.00	0.00
12	12.77	0.47	0.00	0.00
13	13.73	0.51	0.00	0.00
14	13.32	0.61	0.00	0.00
15	14.12	0.45	0.00	0.00
16	14.17	0.49	0.00	0.00
17	15.32	0.63	0.00	0.00
18	14.47	0.46	0.00	0.00
19	13.18	0.62	0.00	0.00
20	15.52	0.53	0.00	0.00
21	13.60	0.53	0.00	0.00
22	14.42	0.51	0.00	0.00
23	14.50	0.76	0.00	0.00
24	13.80	0.59	0.00	0.00
25	12.02	0.31	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
26	12.55	0.35	0.00	0.00
27	12.08	0.54	0.00	0.00
28	13.38	0.57	0.00	0.00
29	13.92	0.38	0.00	0.00
30	13.92	0.55	0.00	0.00
31	13.37	0.72	0.00	0.00
32	15.70	0.48	0.00	0.00
33	14.13	0.54	0.00	0.00
34	14.18	0.65	0.00	0.00
35	13.78	0.58	0.00	0.00
36	14.82	0.63	0.00	0.00
37	14.43	0.68	0.00	0.00
38	12.33	0.65	0.00	0.00
39	12.43	0.59	0.00	0.00
40	12.48	0.39	0.00	0.00
41	14.95	0.45	0.00	0.00
42	13.93	0.46	0.00	0.00
43	13.03	0.43	0.00	0.00
44	14.70	0.40	0.00	0.00
45	13.67	0.76	0.00	0.00
46	13.30	0.63	0.00	0.00
47	13.35	0.46	0.00	0.00
48	14.38	0.50	0.00	0.00
49	15.10	0.66	0.00	0.00
50	12.32	0.64	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
51	13.68	0.85	0.00	0.00
52	12.62	0.82	0.00	0.00
53	13.20	0.52	0.00	0.00
54	13.48	1.08	0.00	0.00
55	14.37	0.36	0.00	0.00
56	15.55	0.36	0.00	0.00
57	13.62	0.34	0.00	0.00
58	15.43	0.27	0.00	0.00
59	17.23	0.35	0.00	0.00
60	16.85	0.24	0.00	0.00
61	12.88	0.59	0.00	0.00
62	11.98	0.43	0.00	0.00
63	14.18	0.51	0.00	0.00
64	13.18	0.43	0.00	0.00
65	13.93	0.78	0.00	0.00
66	14.50	0.49	0.00	0.00
67	13.65	0.72	0.00	0.00
68	13.20	0.72	0.00	0.00
69	13.25	0.90	0.00	0.00
70	12.63	0.64	0.00	0.00
71	13.92	0.33	0.00	0.00
72	15.73	0.31	0.00	0.00
73	15.73	0.46	0.00	0.00
74	13.55	0.25	0.00	0.00
75	15.58	0.33	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
76	13.38	0.39	0.00	0.00
77	13.95	0.33	0.00	0.00
78	11.97	0.44	0.00	0.00
79	12.23	0.47	0.00	0.00
80	12.17	0.50	0.00	0.00
81	13.52	0.47	0.00	0.00
82	15.32	0.70	0.00	0.00
83	15.57	0.63	0.00	0.00
84	15.42	0.51	0.00	0.00
85	14.52	0.85	0.00	0.00
86	14.43	0.62	0.00	0.00
87	12.53	0.34	0.00	0.00
88	11.83	0.35	0.00	0.00
89	12.22	0.36	0.00	0.00
90	12.50	0.58	0.00	0.00
91	12.75	0.40	0.00	0.00
92	12.23	0.44	0.00	0.00
93	11.98	0.57	0.00	0.00
94	12.18	0.43	0.00	0.00
95	13.75	0.50	0.00	0.00
96	13.13	0.50	0.00	0.00
97	13.40	0.40	0.00	0.00
98	13.10	0.46	0.00	0.00
99	13.97	0.51	0.00	0.00
100	13.73	0.37	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
101	12.28	0.53	0.00	0.00
102	12.07	0.50	0.00	0.00
103	14.22	0.45	0.00	0.00
104	14.18	0.49	0.00	0.00
105	14.97	0.22	0.00	0.00
106	14.28	0.48	0.00	0.00
107	14.00	0.45	0.00	0.00
108	12.77	0.47	0.00	0.00
109	12.12	0.46	0.00	0.00
110	12.53	0.53	0.00	0.00
111	12.32	0.51	0.00	0.00
112	12.78	0.57	0.00	0.00
113	13.65	0.61	0.00	0.00
114	13.93	0.52	0.00	0.00
115	13.20	0.86	0.00	0.00
116	13.75	0.78	0.00	0.00
117	14.02	0.42	0.00	0.00
118	14.43	0.53	0.00	0.00
119	11.70	0.44	0.00	0.00
120	13.18	0.40	0.00	0.00
121	13.20	0.50	0.00	0.00
122	12.38	0.63	0.00	0.00
123	12.73	0.55	0.00	0.00
124	12.47	0.60	0.00	0.00
125	11.92	0.48	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
126	12.90	0.58	0.00	0.00
127	12.40	0.39	0.00	0.00
128	12.73	0.44	0.00	0.00
129	11.58	0.43	0.00	0.00
130	14.68	0.68	0.00	0.00
131	13.77	0.53	0.00	0.00
132	14.27	0.48	0.00	0.00
133	13.28	0.41	0.00	0.00
134	12.77	0.41	0.00	0.00
135	11.77	0.86	0.00	0.00
136	10.43	0.75	0.00	0.00
137	9.57	0.89	1.00	7.67
138	10.52	0.95	1.00	7.81
139	9.45	0.61	1.00	8.06
140	12.23	0.81	1.00	8.06
141	9.93	0.68	1.00	8.08
142	14.18	0.70	1.00	8.19
143	11.52	0.77	1.00	8.38
144	12.15	1.14	1.00	8.50
145	11.48	0.84	1.00	8.72
146	11.40	0.82	1.00	8.76
147	11.37	0.91	1.00	8.81
148	10.23	0.87	1.00	8.92
149	10.10	0.67	1.00	9.04
150	8.61	0.74	1.00	9.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
151	11.25	0.95	1.00	9.15
152	11.12	0.80	1.00	9.27
153	11.77	0.66	1.00	9.29
154	12.92	1.01	1.00	9.47
155	8.82	0.86	1.00	9.71
156	10.67	0.87	1.00	9.71
157	10.73	0.61	1.00	9.99
158	11.97	0.54	1.00	10.08
159	11.90	0.76	1.00	10.15
160	10.03	0.99	1.00	10.49
161	10.23	0.72	1.00	10.70
162	10.73	0.87	1.00	10.73
163	11.97	0.90	1.00	10.84
164	10.43	0.82	1.00	10.93
165	11.92	0.91	1.00	11.00
166	11.90	0.94	1.00	11.13
167	12.33	0.86	1.00	11.20
168	9.52	0.80	1.00	11.49
169	12.73	0.72	1.00	11.62
170	10.08	0.79	1.00	11.66
171	15.12	0.81	1.00	11.71
172	10.87	0.98	1.00	11.73
173	10.98	0.98	1.00	11.82
174	10.95	0.86	1.00	11.93
175	11.58	0.80	1.00	12.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง4 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับปานกลาง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
176	11.90	0.87	1.00	12.44
177	10.85	0.81	1.00	12.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
1	14.18	0.54	0.00	0.00
2	14.25	0.72	0.00	0.00
3	11.92	0.54	0.00	0.00
4	12.40	0.57	0.00	0.00
5	13.37	0.50	0.00	0.00
6	14.13	0.48	0.00	0.00
7	12.82	0.60	0.00	0.00
8	12.90	0.56	0.00	0.00
9	14.25	0.56	0.00	0.00
10	13.98	0.45	0.00	0.00
11	13.30	0.39	0.00	0.00
12	12.77	0.47	0.00	0.00
13	13.73	0.51	0.00	0.00
14	13.32	0.61	0.00	0.00
15	14.12	0.45	0.00	0.00
16	14.17	0.49	0.00	0.00
17	15.32	0.63	0.00	0.00
18	14.47	0.46	0.00	0.00
19	13.18	0.62	0.00	0.00
20	15.52	0.53	0.00	0.00
21	13.60	0.53	0.00	0.00
22	14.42	0.51	0.00	0.00
23	14.50	0.76	0.00	0.00
24	13.80	0.59	0.00	0.00
25	12.02	0.31	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
26	12.55	0.35	0.00	0.00
27	12.08	0.54	0.00	0.00
28	13.38	0.57	0.00	0.00
29	13.92	0.38	0.00	0.00
30	13.92	0.55	0.00	0.00
31	13.37	0.72	0.00	0.00
32	15.70	0.48	0.00	0.00
33	14.13	0.54	0.00	0.00
34	14.18	0.65	0.00	0.00
35	13.78	0.58	0.00	0.00
36	14.82	0.63	0.00	0.00
37	14.43	0.68	0.00	0.00
38	12.33	0.65	0.00	0.00
39	12.43	0.59	0.00	0.00
40	12.48	0.39	0.00	0.00
41	14.95	0.45	0.00	0.00
42	13.93	0.46	0.00	0.00
43	13.03	0.43	0.00	0.00
44	14.70	0.40	0.00	0.00
45	13.67	0.76	0.00	0.00
46	13.30	0.63	0.00	0.00
47	13.35	0.46	0.00	0.00
48	14.38	0.50	0.00	0.00
49	15.10	0.66	0.00	0.00
50	12.32	0.64	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
51	13.68	0.85	0.00	0.00
52	12.62	0.82	0.00	0.00
53	13.20	0.52	0.00	0.00
54	13.48	1.08	0.00	0.00
55	14.37	0.36	0.00	0.00
56	15.55	0.36	0.00	0.00
57	13.62	0.34	0.00	0.00
58	15.43	0.27	0.00	0.00
59	17.23	0.35	0.00	0.00
60	16.85	0.24	0.00	0.00
61	12.88	0.59	0.00	0.00
62	11.98	0.43	0.00	0.00
63	14.18	0.51	0.00	0.00
64	13.18	0.43	0.00	0.00
65	13.93	0.78	0.00	0.00
66	14.50	0.49	0.00	0.00
67	13.65	0.72	0.00	0.00
68	13.20	0.72	0.00	0.00
69	13.25	0.90	0.00	0.00
70	12.63	0.64	0.00	0.00
71	13.92	0.33	0.00	0.00
72	15.73	0.31	0.00	0.00
73	15.73	0.46	0.00	0.00
74	13.55	0.25	0.00	0.00
75	15.58	0.33	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
76	13.38	0.39	0.00	0.00
77	13.95	0.33	0.00	0.00
78	11.97	0.44	0.00	0.00
79	12.23	0.47	0.00	0.00
80	12.17	0.50	0.00	0.00
81	13.52	0.47	0.00	0.00
82	15.32	0.70	0.00	0.00
83	15.57	0.63	0.00	0.00
84	15.42	0.51	0.00	0.00
85	14.52	0.85	0.00	0.00
86	14.43	0.62	0.00	0.00
87	12.53	0.34	0.00	0.00
88	11.83	0.35	0.00	0.00
89	12.22	0.36	0.00	0.00
90	12.50	0.58	0.00	0.00
91	12.75	0.40	0.00	0.00
92	12.23	0.44	0.00	0.00
93	11.98	0.57	0.00	0.00
94	12.18	0.43	0.00	0.00
95	13.75	0.50	0.00	0.00
96	13.13	0.50	0.00	0.00
97	13.40	0.40	0.00	0.00
98	13.10	0.46	0.00	0.00
99	13.97	0.51	0.00	0.00
100	13.73	0.37	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
101	12.28	0.53	0.00	0.00
102	12.07	0.50	0.00	0.00
103	14.22	0.45	0.00	0.00
104	14.18	0.49	0.00	0.00
105	14.97	0.22	0.00	0.00
106	14.28	0.48	0.00	0.00
107	14.00	0.45	0.00	0.00
108	12.77	0.47	0.00	0.00
109	12.12	0.46	0.00	0.00
110	12.53	0.53	0.00	0.00
111	12.32	0.51	0.00	0.00
112	12.78	0.57	0.00	0.00
113	13.65	0.61	0.00	0.00
114	13.93	0.52	0.00	0.00
115	13.20	0.86	0.00	0.00
116	13.75	0.78	0.00	0.00
117	14.02	0.42	0.00	0.00
118	14.43	0.53	0.00	0.00
119	11.70	0.44	0.00	0.00
120	13.18	0.40	0.00	0.00
121	13.20	0.50	0.00	0.00
122	12.38	0.63	0.00	0.00
123	12.73	0.55	0.00	0.00
124	12.47	0.60	0.00	0.00
125	11.92	0.48	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
126	12.90	0.58	0.00	0.00
127	12.40	0.39	0.00	0.00
128	12.73	0.44	0.00	0.00
129	11.58	0.43	0.00	0.00
130	14.68	0.68	0.00	0.00
131	13.77	0.53	0.00	0.00
132	14.27	0.48	0.00	0.00
133	13.28	0.41	0.00	0.00
134	12.77	0.41	0.00	0.00
135	11.77	0.86	0.00	0.00
136	10.43	0.75	0.00	0.00
137	9.93	0.78	1.00	12.71
138	11.45	1.05	1.00	12.72
139	10.80	0.85	1.00	12.81
140	11.33	0.58	1.00	12.90
141	10.83	1.05	1.00	12.91
142	11.52	0.94	1.00	12.92
143	11.27	0.94	1.00	12.96
144	13.25	0.75	1.00	13.05
145	11.83	0.83	1.00	13.64
146	15.63	0.79	1.00	13.73
147	11.57	0.66	1.00	13.88
148	10.20	0.97	1.00	13.92
149	10.75	1.13	1.00	13.97
150	10.80	0.89	1.00	14.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง5 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการคัดแยกสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในระดับสูง (1) ออกจากสับปะรดปกติ (0) (ต่อ)

Sample No	TSS	TA	internal browning	percent
151	12.43	0.67	1.00	14.56
152	10.00	0.74	1.00	16.10
153	12.58	0.70	1.00	16.21
154	14.12	0.74	1.00	16.95
155	11.22	0.56	1.00	17.10
156	13.67	0.82	1.00	17.14
157	13.87	0.72	1.00	17.38
158	14.05	0.54	1.00	18.74
159	9.03	0.71	1.00	18.90
160	10.68	0.75	1.00	20.19
161	13.23	0.68	1.00	20.46
162	13.58	0.86	1.00	20.51
163	12.75	0.68	1.00	20.57
164	11.95	0.69	1.00	21.03
165	13.22	0.93	1.00	21.48
166	12.22	0.68	1.00	35.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ศุภวรรณ ศุขวะณิชย์
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2529
ที่อยู่	112/43 หมู่บ้านชินเขต ซอย 1/7 ถ.งามวงศ์วาน ทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 โทรศัพท์ : 0846635804, e-mail : kurama74321@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	2552 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้ 2552 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานตีพิมพ์	Non-destructive prediction of internal browning in pineapple using transmittance short wavelength near infrared spectroscopy ในงาน Southeast Asia Symposium (SEAsia2010) ที่ Golden Tulip Sovereign Hotel Bangkok

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้