สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตรวจสอบความหวานของแตงโมพร้อมบริโภคโดยไม่ทำลาย ที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Non-destructive measurement of soluble solids of watermelon fresh cut harvested in rainy season by NIR-spectroscopy techniques.

T119223

นายวิศรุต บุญช่วย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119223
วัน,เดือน,ปี - 6 S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบความหวานของแตงโมพร้อมบริโภคโดยไม่ทำลาย ที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Non-destructive measurement of soluble solids of watermelon fresh cut harvested in rainy season by NIR-spectroscopy techniques.

โดย

นายวิศรุต บุญช่วย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การตรวจสอบความหวานของแตงโมพร้อมบริโภคโดยไม่ทำลายที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝน ด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Non-destructive measurement of soluble solids of watermelon fresh cut harvested in rainy season by NIR-spectroscopy techniques.

ผู้จัดทำ

นาย วิศรุต บุญช่วย รหัส 49010909

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(Assoc. Prof. Dr. Munehiro Tanaka)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบความหวานของแตงโมพร้อมบริโภคที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนโดยไม่ทำลาย ด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

วิศรุต บุญช่วย 49010909
รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์
Assoc. Prof. Dr. Munehiro Tanaka
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการศึกษาการใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) ในการประเมินค่าความหวานของแตงโมพร้อมบริโภคที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝน 120 ตัวอย่าง โดยใช้ ปืนเนียร์อินฟราเรด โดยใช้ช่วงความยาวคลื่น 702-1092 นาโนเมตร และใช้การวิเคราะห์แบบ Partial least square regression (PLS) ผลที่ได้พบว่าเทคนิคนี้สามารถทำนายค่าความหวานได้แม่นยำพอประมาณโดยมีค่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำนายได้กับค่าที่วัด (Correlation coefficient, R) เท่ากับ 0.85 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (Standard error of prediction, SEP) เท่ากับ 0.5 %Brix ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) เท่ากับ -0.1 %Brix และโมเดลที่ใช้ได้จากสเปกตรัมที่ผ่านการ Pretreatment แบบ Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 10 nm ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่เกี่ยวข้องในการประเมินค่าความหวาน(soluble solid) คือ 715, 910 และ 957 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Non-destructive measurement of soluble solids of watermelon fresh cut harvested in rainy season by NIR-spectroscopy techniques.

Witsarut Boonchuay 49010909

Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon

Assoc. Prof. Dr. Munehiro Tanaka

Abstract

The object of this research was to study the application of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) to predict soluble solids content of watermelon fresh cut harvested in rainy season using 120 samples. The wavelength region of 702-1092 nm was used in this research. Partial least square regression (PLS) was used to analyze data to create calibration equation. The prediction performance showed the correlation coefficient (R) of 0.85, Standard error of prediction (SEP) of 0.5 %Brix and bias of -0.1 %Brix. Savitzky-Golay second differentiation of derivative segment 10 nm used for pretreatment. The results showed that the wavelengths at 715, 910 and 957 nm had high effect on the calibration model.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลที่ต้องการกล่าวถึง เพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ ก็คือ รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ Assoc. Prof. Dr. Munehiro Tanaka อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำและช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆพี่น้อง เจ้าหน้าที่ และคณาจารย์ทุกท่าน ในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ในการให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดี

วิศรุต บุญช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญภาพ		ฉ
สารบัญตาราง		ช
บทที่1	บทนำ	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
	1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 หลักการพื้นฐานของเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้	4
	2.2 ทฤษฎี Chemometric	5
	2.2.1. วิธีการปรับแต่ง NIR Spectra ก่อนการวิเคราะห์	5
	2. 2.1.1 การลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน	5
	2.2.1.2 การลดผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลต่อค่าสเปคตรัม	8
	2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจาก Near Infrared spectra	13
	2.3.1. ขั้นตอนการทำ Calibration	13
	2.3.1.1 กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variables)	13
	2.3.1.2 การสร้างสมการ Calibration	13
	2.3.2 การทำ Validation	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.4 เทอมที่จำเป็นในการประเมินความแม่นยำและความถูกต้องของโมเดล	15
	2.4.1 ค่าเฉลี่ย (The mean)	15
	2.4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD)	15
	2.4.3 ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายโดย NIRS และข้อมูลที่อ้างอิง (Bias)	15
	2.4.4 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient of correlation, r)	16
	2.4.5 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (Standard error of prediction, SEP)	16
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่3	วิธีดำเนินงานวิจัย	
	3.1 การเตรียมผลแตงโมสำหรับการศึกษา	20
	3.2 การศึกษาตรวจสอบสมบัติภายในของแตงโมพร้อมบริโภค	21
	3.2.1 การตรวจวัดเนื้อแตงโมด้วยเครื่อง FQA NIR GUN	21
	3.2.2 การตรวจวัดความหวานของแตงโม	22
	3.2.3 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้สร้างสมการการทำนาย	24
	3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	24
บทที่4	ผลการทดลอง	
	4.1 ค่าความหวานของแตงโมพร้อมบริโภค	25
	4.2 ค่าทางสถิติของของความหวานที่ใช้สร้างสมการ	29
	4.3 Calibration model และการทำนาย (Prediction)	29
	4.4 ค่าการทำนายทางสถิติที่ถูกเลือกใช้ในการวิเคราะห์	31
บทที่5	สรุปผลการทดลอง	
	5.1 กราฟ X-loading weight	32
	5.2 กราฟ Regression coefficients	33
	5.3 สรุปผลการทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง		35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ตัวอย่าง NIR Spectrum ที่ไม่เรียบมีสัญญาณรบกวนแทรก	5
2.2	จำนวนจุดทั้งสองด้าน (m = 2, n = 5) ของการเฉลี่ย	6
2.3	ตัวอย่างการใช้ Savizky – Golay smooth โดยใช้ m = 3	7
2.4	Segment size และ Gap size ที่กำหนดในสเปคตรัมเพื่อคำนวณ Derivative	9
2.5	การใช้ Second Derivative แก้ปัญหาการซ้อนกันของจุดยอดในสเปคตรัม	10
2.6	การใช้ Second Derivative แก้ปัญหาการบวกเพิ่มที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่นเป็นเส้นตรงมีความชันของสเปคตรัม	11
2.7	NIR สเปคตรัมที่ได้รับผลกระทบก่อนการปรับแก้ด้วย MSC	11
2.8	NIR สเปคตรัมที่ได้รับผลกระทบแบบ Multiplicative effect หลังการปรับแก้ด้วย MSC	12
3.1	ขั้นตอนต่างๆ ในการทดลอง	20
3.2	การปิดฟิล์มพลาสติกผนึกอาหาร และกำหนดบริเวณที่จะทำการวัด	21
3.3	การตรวจวัดเนื้อแตงโมพร้อมบริโภคด้วยเครื่อง FQA NIR GUN	22
3.4	การตัดแบ่งตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัดความหวาน	23
3.5	ค่าความหวานที่แสดงที่เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์	23
3.6	ขั้นตอนการวิเคราะห์	24
5.1	กราฟ X-loading weight	32
	กราฟ Regression coefficients	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ช่วงคลื่นแม่เหล็กย่านอินฟราเรด	4
4.1	ค่า %Brix ของวันที่ 21 หลังจากดอกบาน	25
4.2	ค่า %Brix ของวันที่ 23 หลังจากดอกบาน	26
4.3	ค่า %Brix ของวันที่ 25 หลังจากดอกบาน	27
4.4	ค่า %Brix ของวันที่ 27 หลังจากดอกบาน	28
4.5	ค่าทางสถิติของของความหวานที่ใช้สร้างสมการทำนายค่า	29
4.6	ผลการสร้างสมการและการทำนายความหวานของแตงโม ด้วยวิธี PLS	30
4.7	ผลการทำนายของ Calibration model และการทำนาย (Prediction)ที่ดีที่สุด	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แตงโมเป็นไม้ผลที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี มีรสหวานฉ่ำ เคี้ยวง่าย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายของร่างกาย แตงโมเป็นพืชล้มลุกไม้เถา มีอายุสั้นเถาเลื้อยแผ่ไปตามพื้นดิน แตงโมชอบแสงแดดจัด และอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ไม่ชอบเจริญเติบโตในที่แฉะ เนื้อแตงโมมีรสหวานมี ลักษณะเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเว้าลึก ๓ - ๗ แฉก ใบกว้าง ๕ - ๑๘ เซนติเมตร ยาว ๘ - ๒๐ เซนติเมตร ก้านใบยาว ทั้งเถาและใบมีขน ดอกเป็นดอกเดี่ยว แยกเป็นดอกตัวผู้ และดอกตัวเมีย แต่อยู่บนต้นเดียวกัน กลีบดอกสีเหลือง ผลกลมหรือกลมยาว ผลมีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๒๕ เซนติเมตร ผิวเรียบ สีเขียวแก่หรือสีเขียวอ่อน หรือเขียวแก่และอ่อนสลับกัน เมล็ดมีจำนวนมาก รูปไข่ แบน ผิวเรียบ สีน้ำตาลเข้ม[1] ปัจจุบันประเทศไทยสามารถปลูกแตงโมได้ตลอดปี และปลูกกันได้ทั่วทุกภาค โดยสามารถปลูกในดินเกือบทุกชนิด เพราะเป็นพืชปลูกง่ายเจริญเติบโตเร็ว จึงเป็นพืชที่เหมาะสำหรับปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าวเรียบร้อยแล้วดังนั้นจึงนิยมปลูกในตอนปลายฤดูฝนราวเดือนตุลาคมถึงมีนาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้ายราวเดือนมิถุนายน [2]

แตงโมพันธุ์กินรีเป็นแตงโมพันธุ์หนึ่งที่ขายดีในประเทศไทย ซึ่งมีจำหน่ายทั้งลูก และแบบพร้อมบริโภค ในปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพนั้น จะใช้เวลาในการตรวจสอบขั้นตอนยุ่งยาก และตัวอย่างในการตรวจสอบจะถูกทำลาย โดยเฉพาะการตรวจสอบความหวาน ในปัจจุบันจะตรวจสอบโดยการ นำน้ำแตงโมมาตรวจสอบกับเครื่อง Brix reflectrometer ซึ่งทำให้ตัวอย่างถูกทำลายไป

การวิจัยนี้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อลดปัญหาความล่าช้าในการตรวจสอบ และตัวอย่างในการตัวสอบไม่ถูกทำลาย การวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีเพื่อนำมาตรวจสอบความหวานของแตงโมโดยไม่ทำลาย ซึ่งคาดว่าจะสามารถประเมินความหวานของแตงโมได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็ว เพื่อให้เกิดความพึงพอใจแก่กลุ่มผู้ค้า อีกทั้งในการวิจัยในครั้งนี้ อาจช่วยกระตุ้นผู้บริโภคให้หันมารับประทานแตงโมมากขึ้น ด้วยการสร้างความมั่นใจของผลผลิตที่วางจำหน่าย โดยมีการตรวจสอบคุณภาพที่แน่นอน แม่นยำ มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หวานตามต้องการของผู้บริโภค และเป็นวิธีที่มีความรวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และยังเป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อพัฒนาการเกษตรซึ่งเป็นรากฐานของประเทศให้มีความมั่นคงและทันสมัยขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) ในการตรวจสอบความหวานของแตงโมพร้อมบริโภค ที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝน

1.3ขอบเขตการวิจัย

เป็นการศึกษาการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีในการตรวจสอบความหวานของแตงโมที่ระยะเวลาการเก็บผลผลิตที่แตกต่างกัน ในการทำวิจัยนั้นมีแนวทางการวิจัยดังนี้

1. พันธุ์แตงโมที่ใช้ในการวิจัยคือ พันธุ์กินรี จากไร่ลุงเคน จ.สกลนคร อ.พังโคน
2. เลือกตัวอย่างในช่วงฤดูฝน แบ่งเป็น 4 ช่วงของอายุผลผลิต คือ ผลผลิตอายุ 21, 23, 25 และ27 วันและในแต่ละช่วงอายุ จะสุ่มตัวอย่างมา ช่วงอายุละ 15 ตัวอย่าง
3. สร้างแบบจำลองในการทำนายจาก Optical data ที่ได้จาก Spectrum กับค่า%Brix โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (The Unscrambler Version 9.7, Camo, Norway)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินงาน	ปี/เดือน									
	พ.ศ.2552							พ.ศ.2553		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาทฤษฎี	←	—	—	—	—	—	—	—	—	→
2. หาแปลงปลูกแตงโม	↔									
3. วางแผนการทดลอง	↔									
4. เก็บตัวอย่างทดลองสแกนและหาค่าความหวาน		↔	—	—	↔					
5. วิเคราะห์ข้อมูล					↔	↔				
6. สร้างแบบจำลอง							↔	↔		
7. ทดสอบการทำนายแบบจำลอง									↔	
8. สรุปผลและเขียนรายงาน										↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพื้นฐานของเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้ (นิพนธ์ ตั้งคนานุรักษ์, 2545) [3]

อินฟราเรดย่านใกล้ (near infrared) เป็นคลื่นแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 780-2500 นาโนเมตร โดยอาศัยหลักการคือ เมื่อแสงส่องผ่านเข้าไปยังสารละลายหรือวัตถุ แล้วสารเกิดการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง near infrared ทำให้โมเลกุลของสารเกิดการสั่นที่ความถี่สูง ในการสั่นของพันธะต่างๆ จะเกิดขึ้นที่ช่วงความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของแต่ละพันธะ รวมทั้งตำแหน่งของโมเลกุลและช่วงการดูดกลืนแสงก็เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละหมู่ฟังก์ชันด้วย ดังนั้นเมื่อโมเลกุลได้รับรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นตรงกับพันธะในโมเลกุลก็จะเกิดการสั่น และการดูดกลืนรังสีไว้ ทำให้พลังงานมากกว่าปกติ จากเดิมที่โมเลกุลอยู่ในสภาวะปกติ (ground vibration level) เมื่อได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจะอยู่ในสภาวะกระตุ้น (excited vibration level) อย่างไรก็ตามเมื่อโมเลกุลกลับสู่สภาวะปกติก็จะปล่อยพลังงานที่รับเข้าไปออกมาในรูปของพลังงานความร้อน ปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสง (Absorbance, A) เป็นไปตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert) พลังงานของคลื่นแสงเมื่อผ่านเข้าไปในตัวอย่าง พลังงานจะถูกดูดกลืนไว้โดยองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาโดยทั่วไปจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีนั้น (Osborne et al., 1993) สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้จะมี H-atom เป็นองค์ประกอบ เช่น O-H พบในแป้ง น้ำ น้ำตาล N-H พบในโปรตีน และ C-H พบในน้ำมัน (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2545) โดยการดูดกลืนแสงย่านใกล้อินฟราเรดของโมเลกุลสารอินทรีย์ ช่วงคลื่นอินฟราเรดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง (ดังตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ช่วงคลื่นแม่เหล็กย่านอินฟราเรด

ช่วงคลื่น	ช่วงความยาวคลื่น (nm)	จำนวนคลื่น (cm^{-1})
อินฟราเรดย่านใกล้ (near IR, NIR)	780-2,500	12,800-4,000
อินฟราเรดย่านกลาง (mid IR or fundamental IR)	2,500-50,000	4,000-200
อินฟราเรดย่านไกล (far IR)	50,000-1,000,000	200-10

ที่มา: นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2545[4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงใกล้อินฟราเรด (near infrared หรือ overtone region) มีความยาวคลื่นในช่วง 780-2,500 นาโนเมตร แถบการดูดกลืนคลื่นแสงเกิดจาก overtone และมักพบว่าช่วงการดูดกลืนแสงที่ได้ค่อนข้างต่ำมีประโยชน์ในการวิเคราะห์หาปริมาณของกลุ่ม functional และศึกษาโครงสร้างโมเลกุล (วิชัย ริ้วตระกูล และคณะ, 2527)[3]

ช่วงกลางอินฟราเรด (middle infrared หรือ fundamental region) มีความยาวคลื่นในช่วง 2,500-50,000 นาโนเมตร สเปกตรัมที่อ่านได้ค่อนข้างยุ่งยาก เพราะโครงสร้างของโมเลกุลที่สมบูรณ์ การวิเคราะห์จึงต้องใช้วิธีเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่ทราบโครงสร้างแล้ว ใช้ในการวิเคราะห์พวกกลุ่ม functional (วิชัย ริ้วตระกูล และคณะ, 2527) [3]

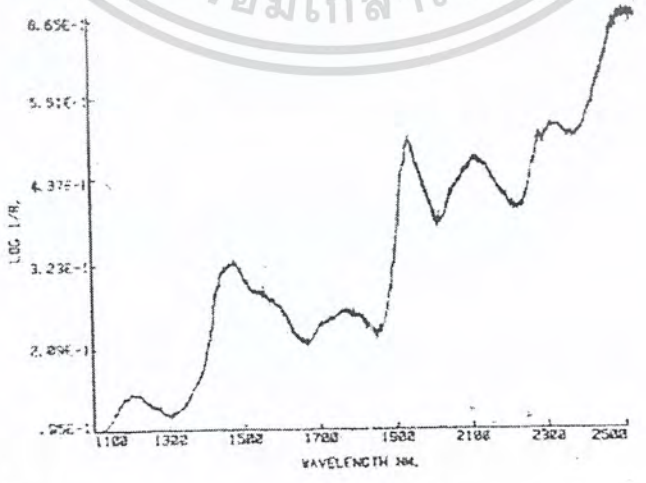
ช่วงไกลอินฟราเรด (far infrared) มีความยาวคลื่นในช่วง 50,000-1,000,000 นาโนเมตร ช่วงนี้ไม่ค่อยที่จะได้ใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากสเปกตรัมไม่ได้เกิดจากการสั่นหรือการหมุนของโมเลกุล แต่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับการ transition ที่เกี่ยวกับการหมุนของโมเลกุล (วิชัย ริ้วตระกูล และคณะ, 2527)

2.2. ทฤษฎี Chemometric [3]

2.2.1. วิธีการปรับแต่ง NIR Spectra ก่อนการวิเคราะห์ (อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, 2545:78-96)

2. 2.1.1 การลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสเปคตรัมนั้นจะถูกออกแบบให้มีความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า log (1/R) และค่าความยาวคลื่นที่ต่ำ ในการวัดบางครั้งอาจมีสัญญาณรบกวนแทรกเข้ามา ซึ่งอาจเกิดจากสนามแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งผลให้สเปคตรัมที่ได้ไม่เรียบ (ดังรูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ตัวอย่าง NIR Spectrum ที่ไม่เรียบมีสัญญาณรบกวนแทรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ลดสัญญาณรบกวนได้ที่นิยมใช้คือ

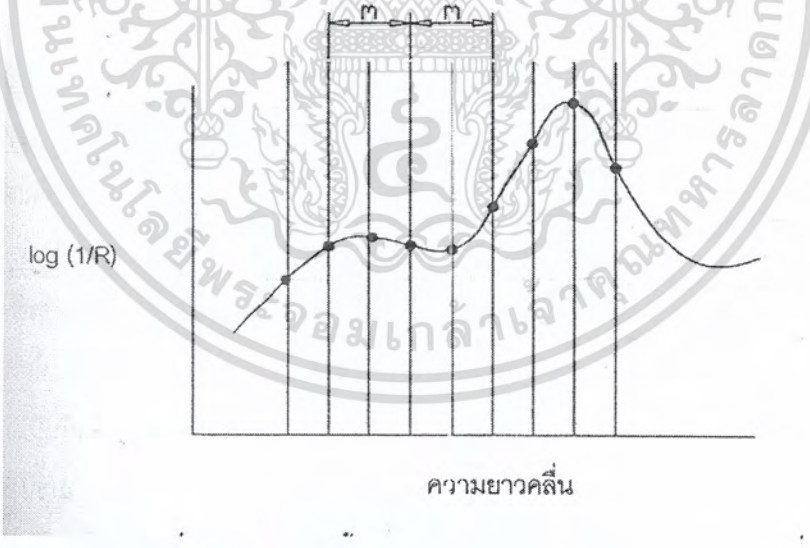
1. การเฉลี่ยค่าเคลื่อนที่ (Running Mean Smooth or N – Point Smooth)

หลักการของวิธีนี้คือ การแทนค่า log (1/R) แต่ละความยาวคลื่น ด้วยค่าเฉลี่ยของ log (1/R) ในช่วงความยาวคลื่นที่มีจุดศูนย์กลางของช่วงตรงกับจุดที่ถูกแทนที่ จำนวนจุดที่นำมาแทนที่คือ

$$n = 2m + 1 \qquad (2.1)$$

โดยที่ m คือ จำนวนของจุดทั้งสองด้านของจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 2.3 เลือก m = 2 ซึ่งจะได้ n = 2 × 2 + 1 = 5 จุด การเฉลี่ยเริ่มจากการนำค่า log (1/R) ของทั้ง 5 จุดมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยมาสร้างสเปคตรัมใหม่โดยในช่วงความยาวคลื่นแรก (ความยาวคลื่นแรกถึงความคลื่นที่ 5) โดยนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเป็นค่าสเปคตรัมที่ความยาวคลื่นที่จุดศูนย์กลางช่วง จากนั้นจะเลื่อนช่วงไปทางขวาหนึ่งจุด แล้วคำนวณซ้ำจนครบตลอดช่วงความยาวคลื่นข้อมูลสเปคตรัมที่สร้างใหม่จะมีจำนวนข้อมูลช่วงเริ่มต้นหายไป m ข้อมูลและท้ายหายไป m ข้อมูล



รูปที่ 2.2 จำนวนจุดทั้งสองด้าน (m = 2, n = 5) ของการเฉลี่ย
(อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 79) [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

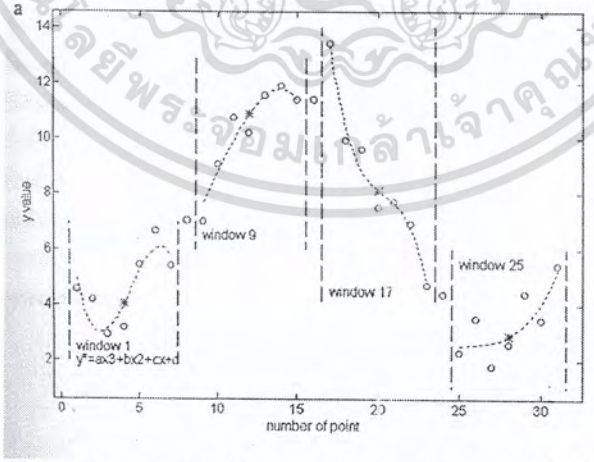
2. Savizky – Golay smooth

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด ซึ่งจะเลือกใช้ในกรณีที่

1. ข้อมูลมีสัญญาณรบกวนมากไม่เรียบ
2. ต้องการทำให้สัญญาณเรียบและยังคงรูปของสเปคตรัมเหมือนสเปคตรัมเริ่มต้น
3. เมื่อรูปร่างของสเปคตรัมมียอดแหลมจำนวนมาก

หลักการของวิธีคือ กำหนดข้อมูลในช่วงความยาวคลื่น (n = 2m + 1) นำข้อมูลสเปคตรัมหรือ log (1/R) ในช่วงที่กำหนด โดยเริ่มจากข้อมูลจำนวน 2m + 1 จุดแรก มาหาสมการโพลีโนเมียลที่สามารถนำมาคำนวณค่าสเปคตรัม ที่แต่ละจุดในช่วงได้ใกล้เคียงที่สุด โดยวิธีลีลสแคว (least square) เมื่อได้สมการแล้วนำมาคำนวณค่าสเปคตรัม ที่จุดกลางช่วง แล้วนำค่าที่คำนวณไปแทนค่าสเปคตรัมที่จุดนั้น(ดังรูปที่2.3) ค่าที่คำนวณได้ถือว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงค่าจริงมากกว่าสเปคตรัมเริ่มต้นที่ถูกแทนที่ เนื่องจากสัญญาณรบกวนได้ถูกกำจัดออกไปแล้ว ต่อไปคือ เลื่อนช่วงที่เท่ากันนี้ไปทางขวาหนึ่งจุด (ขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูล) แล้วทำซ้ำตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น จนช่วงความยาวคลื่นถูกเลื่อนไปจนครอบคลุมความยาวคลื่นสุดท้าย สเปคตรัมที่ที่สร้างขึ้นใหม่จะมีจำนวนข้อมูลในส่วนต้นและส่วนท้าย หายไปเท่ากับ m จุดเหมือนดังกรณี การเฉลี่ยเคลื่นที่

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเฉลี่ยคลื่นที่จะพบว่า การใช้วิธี Savitzky-Golay จะยังคงรักษาขนาดของยอดแหลมในสเปกตรัมให้มีขนาดเท่ากับสเปกตรัมเริ่มต้น ไม่ว่าจะเป็นยอดแหลมที่มีฐานกว้างหรือฐานแคบก็ตาม



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการใช้ Savizky – Golay smooth โดยใช้ m = 3

(o คือ ข้อมูลเดิมและ * คือข้อมูลที่ปรับให้เรียบแล้ว)

(อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 81 อ้างจาก Maesschalck et al. 1999) [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 การลดผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลต่อค่าสเปคตรัม [3]

ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบจากสัญญาณรบกวนต่อสเปคตรัมคือ ขนาดอนุภาคของตัวอย่าง (Particle size) และความชื้นในตัวอย่าง (Moisture Content) โดยปัจจัยทั้งสองนั้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกระเจิงแสง (Scattering) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้ลำแสงเปลี่ยนทิศทางอันเป็นผลจากการสะท้อนแสง การหักเห ปรือการเบี่ยงเบนแสง แสงที่เกิดการกระเจิงจะไม่ทะลุทะลวงลึกลงไปในตัวอย่างมาก และจะสะท้อนกลับมาที่ผิวของตัวอย่างโดยแทบจะไม่มีข้อมูลการดูดกลืนแสง การกระเจิงแสงที่จะเกิดขึ้นในตัวอย่างที่มีอนุภาคเล็กๆ และทำให้ effective path length เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นแล้วการกระเจิงแสงยังขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงอีกด้วย เนื่องจากความเร็วของแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันจะไม่เหมือนกันเมื่อผ่านลงไปในตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งทำให้เห็นสเปคตรัมได้รับผลกระทบจากอนุภาคที่แตกต่างกัน ไม่เท่ากันตลอดความยาวคลื่น โดยสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นสูงจะแตกต่างกันมากกว่าสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นต่ำ ซึ่งการลดผลกระทบดังกล่าวนั้นจะมีวิธีทางคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้อยู่2 วิธี คือ

1. Derivative transformation

วิธีนี้นั้นเป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาการซ้อนทับกันของจุดยอดในสเปคตรัมและการเลื่อนขึ้นของสเปคตรัม

1.1 First derivative การคำนวณ Derivative หรือ ความชันของสเปกตรัมสามารถทำได้ดังนี้

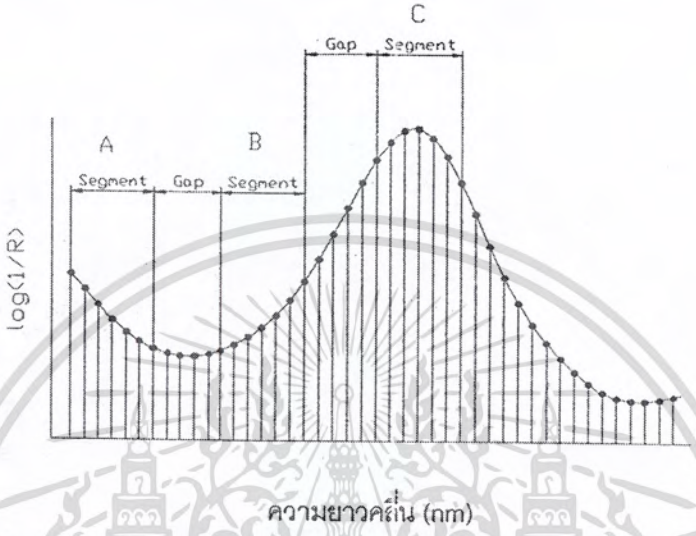
$$\text{First derivative} = \text{Slope} = B-A \tag{2.2}$$

โดยที่ A และ B คือค่าเฉลี่ยสเปกตรัมของ Segments ที่มีช่วงเท่ากัน และอยู่ติดกัน

ในการคำนวณต้องกำหนดขนาดของ Segment และ Gap ก่อน ซึ่งขนาด Segment คือขนาดของความยาวคลื่นที่เราทำการเฉลี่ยให้ได้ค่าใหม่เพื่อเป็นตัวแทนขึ้นมาหนึ่งจุด แล้วทำการข้ามช่วงความยาวคลื่นไปเท่ากับขนาดของ Gap เพื่อเริ่มนับจุดแรกในการคำนวณ Segment ต่อไป ตัวอย่างดังในรูปที่ 2.4 เป็นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่น ที่แต่ละจุดห่างกัน 2 นาโนเมตร มีขนาด Segment และ Gap เท่ากับ 12 และ 10 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยที่จุด A คือจุดที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยในช่วงความยาวคลื่น 12 นาโนเมตร (ขนาด Segment) จากนั้นข้ามไป 10 นาโนเมตร (ขนาด Gap) แล้วจึงเฉลี่ยอีกครั้งในช่วงความยาวคลื่น 12 นาโนเมตร เพื่อให้เป็นจุด B แล้วนำค่า A ลบจากค่า B ผลที่ได้นำไปแทนค่าสเปกตรัมที่จุดเริ่มต้นของ Segment แรกซึ่งคำนวณจะกระทำทุก Segment ต่อเนื่องกันไปจนตลอดความยาวคลื่น ต่อจากนั้นก็ขยับ Segment ไปทางขวา 1 จุด หรือ 2 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วคำนวณซ้ำเหมือนที่กล่าวมาจนเสร็จสิ้น First derivative ใช้ได้ผลกับตัวอย่างที่มีเนื้อสม่ำเสมอ และมีการกระจัดกระจายของอนุภาคสม่ำเสมอทั่วถึง นอกจากนั้นแล้ว First derivative ของสเปกตรัมจะช่วยแก้ปัญหาที่สเปกตรัมมีค่าเพิ่มขึ้นคงที่ตลอดช่วงความยาวคลื่น



รูปที่ 2.4 Segment size และ Gap size ที่กำหนดในสเปกตรัมเพื่อคำนวณ Derivative (อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 91) [3]

1.2 Second derivative คือการคำนวณผลลบของค่าที่ได้จาก First derivative ที่ติดกันนั้นเอง หรือเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงความชันของสเปกตรัมมาจากสมการ

$$\frac{d^2 \log(1/R)}{d\lambda^2}$$

ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$d^2 \log(1/R) \qquad (2.3)$$

สามารถคำนวณได้จาก

Second derivative = change in slope

= First derivative แรก – First derivative ถัดมา

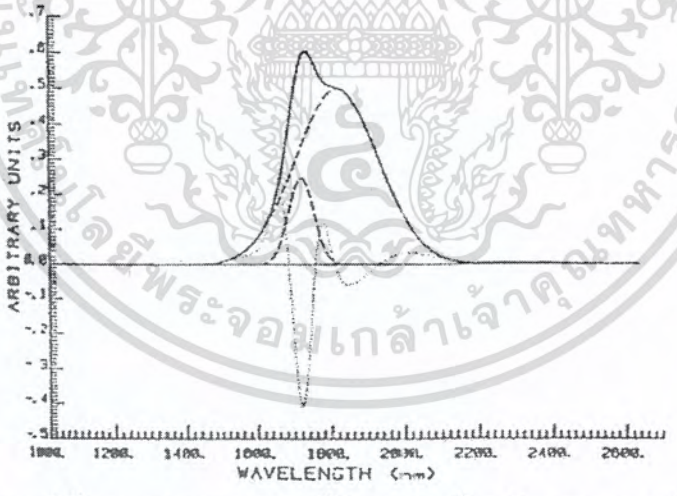
= (C-B) – (B-A)

= C-2B+A (2.4)

โดยที่ A, B และ C เป็นค่าเฉลี่ยสเปกตรัมของ Segments ที่ติดกันและทีมีช่วงเท่ากัน

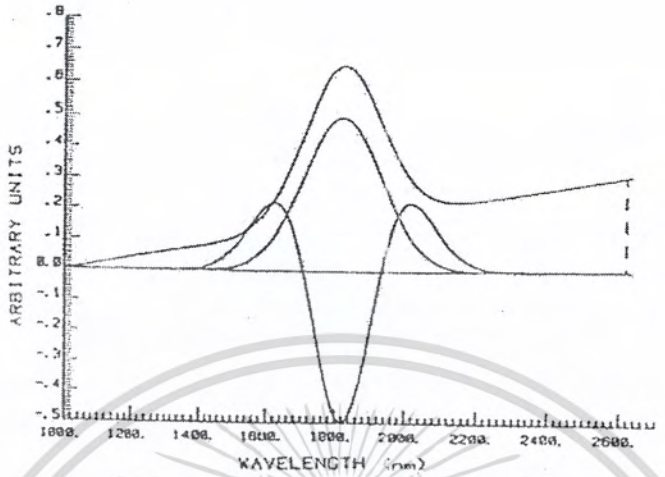
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณคล้ายกับ First derivative โดยในการคำนวณค่า Second derivative ของจุดแรกต้องหาค่า C ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของสเปกตรัมในช่วงที่สาม หรือ C แล้วคำนวณผลลบของค่าเฉลี่ยใน Segment แรก และ Segment ที่สอง ซึ่งก็คือ B-A แล้วคำนวณผลลบของค่าเฉลี่ยใน Segment ที่สอง และ Segment ที่สาม ซึ่งก็คือ C-B แล้วนำผลลบค่าแรกมาลบออกจากผลลบค่าที่สอง ตามสมการ ค่าผลลบสุดท้ายที่นำไปแทนค่าสเปกตรัมที่จุดแรกของ Segment แรก และคำนวณผลลบตามสมการไปจนครบตลอดช่วงความยาวคลื่นต่อจากนั้นจึงเลื่อนไปทางขวายาว 1 จุด หรือ 2 นาโนเมตร แล้วทำการหาซ้ำจนเสร็จสมบูรณ์ การใช้ Second derivative จะช่วยลดผลกระทบจากการกระเจิงแสงทั้งที่เป็นผลเชิงบวกที่ทำให้ขนาดสเปกตรัมเพิ่มขึ้นคงที่ตลอดช่วงความยาวคลื่น(ดังรูปที่ 2.6) และผลเชิงลบที่ทำให้ขนาดของสเปกตรัมเพิ่มขึ้นตามความยาวคลื่น Second derivative ใช้ได้ผลดีกับตัวอย่างที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ ผสมผสานกันอยู่ First derivative ให้ความหมายเป็นค่าความยาวคลื่นที่แต่ละความยาวคลื่น ซึ่งทำให้แปลความหมายยากกว่า Second derivative ซึ่งได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจาก Second derivative จะให้จุดยอดตรงกับจุดยอดของสเปกตรัมเดิม แม้ว่าจะกลับหัว (ดังรูปที่ 2.5)



รูปที่ *2.5* การใช้ Second Derivative แก้ปัญหาการซ้อนกันของจุดยอดในสเปคตรัม
(อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 88 อ้างจาก Hruschka. 1987) [3]

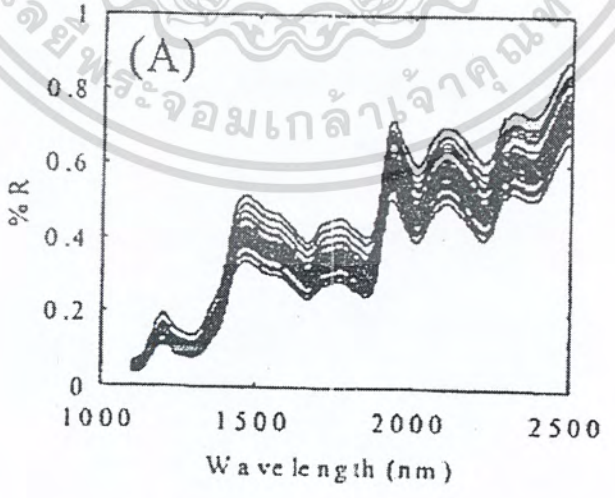
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ *2.6* การใช้ Second Derivative แก้ปัญหาการบวกเพิ่มที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่นเป็นเส้นตรงมีความชันของสเปคตรัม(อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 89 อ้างจาก Hruschka. 1987)[3]

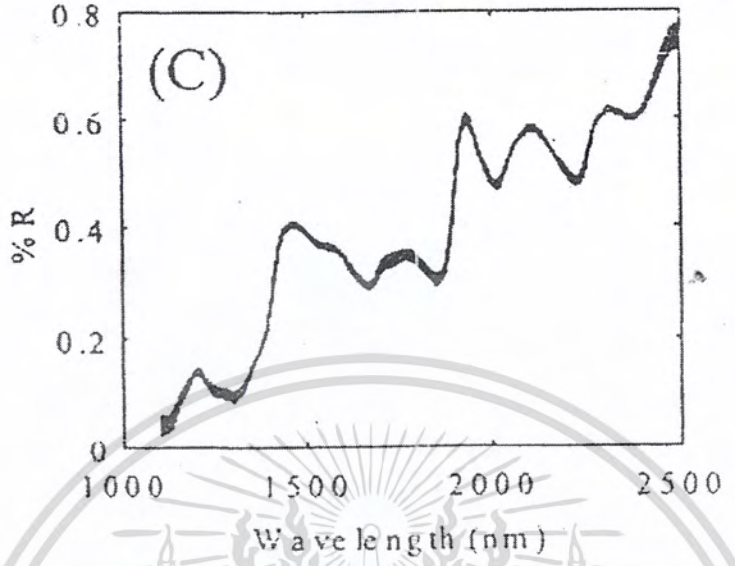
2. Multiplicative scatter correction (MSC) [3]

เป็นเทคนิคที่สร้างขึ้นมาเพื่อลดผลการกระเจิงแสง (Scattered light) ต่อสเปคตรัมอาจเนื่องจากการกระเจิงแสงที่เกิดจากอนุภาคที่ต่างกัน ที่ได้จากการวัดแบบ diffuse reflectance และแบบ transmission โดยทั่วไปการกระเจิงแสงจะทำให้ความชันโดยรวมเปลี่ยนไป (ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8)



รูปที่ 2.7 NIR สเปคตรัมที่ได้รับผลกระทบก่อนการปรับแก้ด้วย MSC
(อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 94 อ้างจาก Boysworth and Booksh. 2001)[3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ *2.8* NIR สเปคตรัมที่ได้รับผลกระทบแบบ Multiplicative effect หลังการปรับแกด้วย MSC (อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2545 : 96 อ้างจาก Boysworth and Booksh. 2001) [3]

วิธีของ MSC ก็คือ การหมุนสเปคตรัมของแต่ละตัวอย่างให้มาตรงกับสเปคตรัมเฉลี่ย ขั้นตอนในการหมุนดังกล่าวทำโดย ในแต่ละตัวอย่างนั้นต้องหาค่าคงที่หนึ่งค่ามาลบออกจากสเปคตรัมเพื่อลดผลจากการเลื่อนตัวของสเปคตรัม และต้องหาคาคงที่มาหารค่า log (1/R) ของทุกๆ จุดของตัวอย่างเพื่อปรับความชันของสเปคตรัมที่เปลี่ยนไป หรือก็คือการปรับค่า log (1/R) ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นสัดส่วนเพื่อให้มีค่าตรงกับสเปคตรัมเฉลี่ย วิธีการให้ได้มาซึ่งค่าคงที่ดังกล่าวคือวิธี วิเคราะห์ความถดถอย (Regression) เพื่อให้ได้สมการเส้นตรงของแต่ละตัวอย่างดังนี้

$$x_{iw} = a_i + b_i \bar{x}_w \qquad w = 1,\ldots..,\ p \tag{2.5}$$

โดยที่ x_{iw} = ค่า log (1/R) ของตัวอย่าง i ที่ความยาวคลื่น w ของตัวอย่างที่มี p ความยาวคลื่น

$\bar{x}_w$ = ค่าเฉลี่ย log (1/R) ที่ความยาวคลื่น w ของตัวอย่างทั้งหมด

a_i และ b_i = ค่าคงที่สำหรับทุกความยาวคลื่นของตัวอย่าง i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจาก Near Infrared spectra [3]

การวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม NIR ประกอบไปด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนหลักเป็นอย่างน้อย คือ

1 ขั้นตอนการสร้างสมการที่ใช้ทำนาย (Calibration) และ 2 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่สร้างขึ้นมา (Validation) ในการทำ Calibration ก็เพื่อให้ได้สมการมาตรฐานที่ใช้ในการทำนายค่าคุณลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทราบ ต่อจากนั้นต้องมีการนำสมการมาตรฐานที่ได้จากการทำ Calibration มาตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการมาตรฐานในการทำนายคุณภาพ ซึ่งขั้นตอนนี้เรียกว่าการทำ Validation หรือ Verification เพื่อทดสอบสมการที่ได้ว่าทีความเหมาะสม หรือแม่นยำเพียงใด เมื่อได้ผลทดสอบที่น่าเชื่อถือแล้วจึงจะนำสมการที่ได้ไปใช้ทำนายค่าคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาจากสเปกตรัม NIR ที่ทำการวัดมาได้ (ธงชัย, 2545) [3]

2.3.1. ขั้นตอนการทำ Calibration (ธงชัย, 2550) [3]

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาแล้วแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ คือ

2.3.1.1 กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variables)

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ที่นำมาใช้ในการสร้างสมการคือค่าที่อ่านได้จากสเปกตรัม NIR เช่น ค่า log (1/R) เป็นต้น

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) หมายถึงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Reference Laboratory Methods เช่น ความหวานของแตงโม ด้วยการหาค่า Brix จาก Brix refractometer

2.3.1.2 การสร้างสมการ Calibration [4]

ในการสร้างสมการนั้นสิ่งสำคัญคือการหาตัวแปรอิสระที่น่าจะมีความสัมพันธ์กับค่าตัวแปรตามที่จะทำการวิเคราะห์คุณภาพ การคัดเลือกหาตัวแปรอิสระสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลัก คือ

1. Wavelength selection

เป็นวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่น่าจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่จะทำการวิเคราะห์เทนนิดในการเลือกมีหลายแบบเช่น เลือกจากความรู้ความชำนาญ หรือเอกสารอ้างอิงที่บ่งบอกถึงช่วงความยาวคลื่นที่คาดว่าน่าจะสัมพันธ์กับค่าที่จะทำการวิเคราะห์ อาจจะใช้เทคนิคทางสถิติในการคัดเลือกความยาวคลื่นที่คาดว่าน่าจะมีความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Full spectrum analysis

เป็นวิธีการคัดเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสม (Selective wavelength) จากความยาวคลื่นทั้งหมดที่มีในสเปกตรัมมาสร้างสมการ calibration ดังวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว บางครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ถ้ามีการสร้างสมการที่ไม่ถูกต้อง อาจเกิดปัญหาทำให้ค่าที่ทำนายต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่แท้จริง (Underestimation) อันเนื่องมาจากการเกิดความคลาดเคลื่อนจากการสร้างสมการ (Interference) หรือเกิดปัญหาเมื่อมีจำนวนตัวอย่างที่นำมาใช้ในการสร้างสมการทำนายมีน้อย จึงทำให้ได้สมการที่มีตัวแปรอิสระมากเกินไปในสมการ ทำให้ข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ (Over fitting) การใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มีในทุกความยาวคลื่นของสเปกตรัม (Full spectrum) น่าจะเป็นหนทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างไรก็ตามปัญหาที่มีอยู่ คือการที่มีตัวแปรอิสระมากเกินไป การใช้วิธีทางสถิติในการจัดกลุ่มแยกประเภทตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกัน และทำการสร้างตัวแปรใหม่ที่เกิดมาจากตัวแปรเดิมจะช่วยทำให้แก้ปัญหาดังกล่าวได้ วิธีการทางสถิติที่นิยมใช้ได้แก่
Partial Least Square (PLS) Regression เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรหลายตัวแปร โดยการสร้าง factor แบบสมการเชิงเส้นตรงจากข้อมูลของสเปกตรัมเริ่มต้น และนำ factor ที่ได้ไปใช้ในการสร้างสมการถดถอย โดย factor ที่ได้จากการสร้างสมการด้วยวิธีสถิติ PLS ต้องสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล และเกี่ยวข้องกับการประเมินค่าทางเคมีในเวลาเดียวกัน วัตถุประสงค์ของ PLS เพื่อต้องการลดจำนวนข้อมูลสเปกตรัม ให้ได้เฉพาะข้อมูลสเปกตรัมที่มีความสำคัญกับการทำนายค่าทางเคมีที่สนใจเท่านั้น เพื่อให้สามารถประเมินค่าทางเคมีได้ถูกต้องมากขึ้น

2.3.2 การทำ Validation [4]

หลังจากที่ได้สร้างสมการแล้ว ต้องมีรการทดสอบประสิทธิภาพของสมการนั้นก่อนนำไปใช้งานจริง ซึ่งการทดสอบสมการที่นิยมมี 2 วิธี คือ

2.3.2.1 Full cross validation เป็นการทดสอบสมการภายใน ความหมายคือตัวอย่างที่นำมาทดสอบสมการ เป็นตัวอย่างชุดมาตรฐานทั้งหมด ที่ใช้สร้างสมการประเมินค่าทางเคมีนั่นเอง มีขั้นตอนดังนี้

1.ตัดตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 1 ออกจากชุดตัวอย่างมาตรฐาน

2.ใช้ตัวอย่างมาตราฐานที่เหลือทำการสร้างสมการ

3.นำสมการที่ได้ประเมินค่าทางเคมีของตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 1 ที่ตัดออก

4.ใส่ตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 1 กลับคืนเข้าไป

5.ตัดตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 2 ออกจากชุดตัวอย่างมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ทำขั้นตอนซ้ำข้างต้น จนครบทุกตัวอย่าง

2.3.2.2 การทดสอบการประเมิน (Prediction testing) วิธีนี้จะทดสอบสมการแบบภายนอก โดยการเตรียมตัวอย่างชุดใหม่มาทำการวิเคราะห์ในสภาวะการทดลอง เช่นเดียวกับชุดตัวอย่างมาตรฐาน เรียกชุดตัวอย่างที่นำมาทดลองสมการนี้ว่า ชุดทดสอบ (Testing set) ตัวแปรอิสระ (X) มากกว่าหนึ่งตัวในการประมาณค่าตัวแปรตาม (Y) สิ่งที่ต้องระวังคือ ปริมาณค่าทางเคมีที่ใช้ทดสอบต้องอยู่ในช่วงมาตรฐาน หลังจากได้สเปกตรัมจากชุดทดสอบก็นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณค่าทางเคมีจากสมการ

2.4 เทอมที่จำเป็นในการประเมินความแม่นยำและความถูกต้องของโมเดล (Williams, 2007) [4]

2.4.1 ค่าเฉลี่ย (The mean)

ค่าเฉลี่ยเป็นค่าทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลที่ใช้อ้างอิง (X) หรือ ข้อมูลสเปกตรัมที่ได้จากเครื่องวัดสเปกตรัม (Y) ค่าเฉลี่ยนั้นจะถูกคำนวณจากผลรวมของค่า X หรือ Y และถูกหารโดยจำนวนของข้อมูล (N) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$X = \Sigma X/N \tag{2.6}$$

2.4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD)

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แสดงถึงการเปลี่ยนแปลง หรือความแปรปรวนในข้อมูล นั่นคือ รากที่สอง ของความแปรปรวน สูตรในการหาค่า SD_x (หรือ SD_y) คือ

$$SD_x = \sqrt{\frac{(\Sigma X^2 - [(\Sigma X)^2/N])}{N-1}} \tag{2.7}$$

2.4.3 ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายโดย NIRS และข้อมูลที่อ้างอิง (Bias)

เมื่อทำนายค่าตัวแปรที่ต้องการของข้อมูลในเซทตัวอย่าง Validation ค่า Bias หมายถึงความแตกต่างระหว่างค่าอ้างอิงและค่าที่ทำนายโดย NIRS และเป็นการวัดความแม่นยำโดยรวมของ calibration ในโลกความเป็นจริงของทางการค้าและอุตสาหกรรม Bias เป็นหนึ่งในสิ่งที่สำคัญมากในทางสถิติ Bias สามารถเกิดขึ้นได้แม้เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์และ SEP แสดงว่าค่า calibration นั้นดีเยี่ยม

สูตรสำหรับการคำนวณ Bias คือ

$$Bias = (\Sigma X/N) - (\Sigma Y/N) \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ X = ค่าอ้างอิง และ Y = ค่าที่ได้จากการทำนาย โดย NIRS สามารถเป็นบวกหรือลบก็ได้

2.4.4 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient of correlation, r)

สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) แสดงระดับ ซึ่งข้อมูล2เซท (ข้อมูลตัวเลข X และ Y) สอดคล้องซึ่งกันและกัน ความสอดคล้องที่สมบูรณ์จะไม่มีความแตกต่างกันเลยระหว่าง 2 เซทข้อมูล ผลของค่า r จะเท่ากับ 1.00 ในทางปฏิบัตินั้นเป็นไปไม่ได้ X และ Y อาจจะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงบวกหรือลบก็ได้ สูตรสำหรับการคำนวณ r คือ

$$r = \frac{\sum(X \times Y) - \left[\left(\sum X \times \sum Y / N\right)\right]}{\left(\left\{\sum X^2 - \left[\left(\sum X\right)^2 / N\right]\right\} \times \left\{\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2 / N\right\}\right)^{1/2}} \qquad (2.9)$$

2.4.*5* ค่า*ความผิดพลาด*มาตรฐานของการทำนาย (Standard error of prediction, SEP)

SEP เป็นเทอมของ Standard error of performance แสดงสมรรถนะของการทำนาย SEP เป็นค่า SD ของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายโดย NIRS และค่าอ้างอิง สูตรในการคำนวณ SEP คือ

$$SEP = \sqrt{\Sigma (X-Y)^2 - \frac{[\Sigma (X-Y)^2]/N}{N-1}} \qquad (2.10)$$

ค่า Standard error of calibration (SEC) ซึ่งคือค่า SD ของความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายโดย NIR และตัวอย่างค่าอ้างอิงในเซทตัวอย่าง calibration เนื่องจากการดูดซับคลื่นความยาวคลื่นที่อยู่ติดกัน มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างมากและถ้าใช้ MLR, r และ SEC จะดีขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนตัวแปรต้นมากขึ้น สิ่งนี้เรียกว่า over-fitting ของข้อมูล (multicollinearity) ซึ่งอาจทำให้แปลผลผิด ถ้าการทำ validation แสดงค่า r ต่ำและ SEP สูงจนยอมรับไม่ได้ควรลองทำนายข้อมูลชุด calibration และพิจารณาแต่ละข้อมูล SEC อาจจะแสดงให้เห็นว่ามี outliers 1 หรือมากกว่านั้น ซึ่งการเอา outlier ออกอาจจะทำให้ค่าจริงของ r และ SEP ดีขึ้น ตามหลักค่า SEP ควรจะสูงกว่า SEC เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาเบื้องต้นในการคัดแยกมะม่วงที่ปนเปื้อนไข่และหนอนแมลงวันทองในมะม่วงสุกโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (S. Saranwong, N. Suttiwijitpukdee, S. Kasemsumran, W. Thanapase and S. Kwano, 2008)[5] ด้วยเครื่อง FQA-NIR Gun ของบริษัท FANTEC เมือง Kosai ประเทศญี่ปุ่น ในการวัด NIR โดยใช้โปรแกรม CA Maker หลังจากนั้นใช้โปรแกรม The Unscrambler ในการวิเคราะห์ ตัวอย่างมะม่วงทั้งหมดในการทดลองเป็นมะม่วงดิบพันธุ์มะม่วงน้ำดอกไม้ โดยเตรียมตัวอย่างมะม่วงที่มีการปนเปื้อนของไข่และหนอนแมลงวันผลไม้มีวิธีการ 2 เทคนิค คือ การให้แมลงวางไข่ (forced infestation) และการเปิดผิวเพื่อวางไข่และตัวอ่อนแมลง (artificial inoculation) จากการทดลองพบว่าทั้งสองวิธีให้ผลที่ดี สรุปการพัฒนาสมการจากสเปกตรัม NIR ในช่วงคลื่นสั้นเพื่อคัดแยกมะม่วงที่มีการปนเปื้อนไข่และหนอนแมลงวันผลไม้จากมะม่วงควบคุม พบว่ามีความถูกต้อง 70-75 เปอร์เซ็นต์ (คลาดเคลื่อน 25 เปอร์เซ็นต์) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการคัดแยกมะม่วงที่มีการปนเปื้อนไข่และหนอนแมลงวันผลไม้จากมะม่วงที่ดีด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีนั้นมีความเป็นไปได้แต่ยังต้องมีการพัฒนาเทคนิคต่อไปเพื่อให้มีความถูกต้องในการคัดแยกยิ่งขึ้น

2. การใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้นสำหรับการหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุด(อาทิตย์ จันทร์หิรัญ; วารุณี ธนะแพสย์; ศุมาพร เกษมสำราญ; สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, 2009)[6] โดยการวัดตัวอย่างแบบใช้วิธีทะลุผ่านในช่วงความยาวคลื่น 650-955 นาโนเมตร จากการวัดตัวอย่างผลมังคุด 200 ลูก ได้สเปกตรัมและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) จากนั้นสร้างสมการทดสอบ พบว่าเมื่อสร้างสมการทดสอบของมังคุดเปรียบเทียบกันระหว่างสเปกตรัมเริ่มต้น และสเปกตรัมที่ผ่านการแปลงข้อมูล โดยสมการอนุพันธ์อันดับสอง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ของเปอร์เซ็นต์บริกซ์สูง (R = 0.95) และค่าความผิดพลาดที่ต่ำ (SEC = 0.55 องศาบริกซ์) เมื่อนำข้อมูลไปใช้ในกลุ่มสมการทำนาย ได้ผลการทำนายที่แม่นยำ (R = 0.89) และได้ค่าความผิดพลาดที่ต่ำ (SEP = 0.74 องศาบริกซ์) จากผลที่ได้ของการศึกษาจะเห็นได้ว่าเทคนิคการใช้ช่วงความยาวคลื่นสั้นย่านใกล้อินฟราเรดแบบทะลุผ่านมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของมังคุดแบบไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำ

3. การตรวจสอบความบริบูรณ์ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งโดยวิธีแบบไม่ทำลาย ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy (นายจรูญพงศ์ เทียมประทีป, 2009)[7] จากการสังเกตสเปกตรัมที่เกิดจากการดูดกลืนแสงของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งทั้ง 5 อายุการเก็บเกี่ยว พบว่า สเปกตรัมของผิวผลส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119223

โอมีความยาวคลื่นที่มีการดูดซับคลื่นมากที่ 970 นาโนเมตร และหลังจากจัดการสเปกตรัมด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่สองพบช่วงคลื่นที่มีการดูดซับคลื่นมากที่ 960- 965 นาโนเมตร ส่วนลักษณะสเปกตรัมของเนื้อผลส้มโอมีช่วงคลื่นที่มีการดูดซับคลื่นมากได้แก่ 680 และ 970 นาโนเมตร และหลังจากจัดการสเปกตรัม ด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่สองพบช่วงคลื่นที่มีการดูดซับคลื่นมากได้แก่ 652 738 832 956 และ 990 nm จากผลการคัดแยกอายุการเก็บเกี่ยวของส้มโอขาวน้ำผึ้งด้วยเทคนิคเนียร์อินพราเรดสเปกโตรสโคปี พบว่าในการคัดแยกอายุการเก็บเกี่ยวด้วยสเปกตรัมผิวเปลือกส้มโอที่ความยาวคลื่น 633-961 นาโนเมตร ให้ผลดีกว่าช่วง 400-700 นาโนเมตร และควรใช้แบบจำลองทุกอายุการเก็บเกี่ยวที่ความยาวคลื่น 633-961 นาโนเมตร ในการคัดแยก โดยใช้วิธี SIMCA ในการคัดแยกกลุ่มเดียวกันกับแบบจำลอง ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงกว่า 98.33 % และวิธี PLS-DA ในการคัดแยกต่างกลุ่มกันกับแบบจำลอง ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงกว่า 100 % ผลการสร้างสมการทำนายค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์พื้นผิวของต่อมน้ำมัน ค่าความหนาแน่นของต่อมน้ำมัน ค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ แรงที่แทงทะลุเยื่อหุ้มเนื้อ ค่ากับความแน่นเนื้อเฉลี่ย และค่าความเหนียวของเปลือกชั้นนอกพบว่าวิธีการทำนายที่ใช้ไม่สามารถทำนายได้แม่นยำ (r = -0.05-0.70) ส่วนการทำนายค่าของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่าแบบจำลองที่พัฒนามาจากสเปกตรัมของ Multiplicative Scatter Correction (MSC) สามารถใช้ประมาณค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ได้ โดย ได้ค่า r=0.87 SEP=0.35 และ Bias=-0.051

4. การวัดความเป็นกรด ของแข็งที่ละลายได้ และความหนาแน่น ของ Satsuma mandarin โดยไม่ทำลาย ด้วย เทคนิค Vis/NIR-spectroscopy (Antihus Hernandez Gomez, Yong He, Annia Garcia Pereira,2009) [8] การใช้ Vis/NIRS เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการประเมินคุณภาพของผลไม้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นในการประเมินการใช้ Vis / NIRS ในการวัดลักษณะผลส้มที่มีลักษณะเล็กของจีน “Zaojin Jiaogen“ที่มีลักษณะเฉพาะตัว และสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Vis/NIR spectral measurements และคุณสมบัติทางสรีรวิทยาที่สำคัญของผลไม้ (firmness, soluble solids content (SSC) และความเป็นกรด(pH)) NIR models ได้สร้างขึ้นตามเทคนิค PLS และ PCR

SSC model ที่ดีที่สุด มีค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน(RMSEP) คือ 0.33 %Brix และความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำนายโดยโมเดลและค่าที่ได้จากการวัด (r) =0.94 โมเดลที่เลือกสำหรับค่า pH และ firmness มีค่าRMSEP คือ 0.18, 8.53 และ r= 0.8 และ 0.83 ตามลำดับ สรุปได้ว่าการใช้ the Vis/NIRS measurement techniqueในช่วงความยาวคลื่น (400–2350 nm) สามารถใช้เป็นเทคนิคที่วิเคราะห์คุณภาพของส้ม mandarinได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

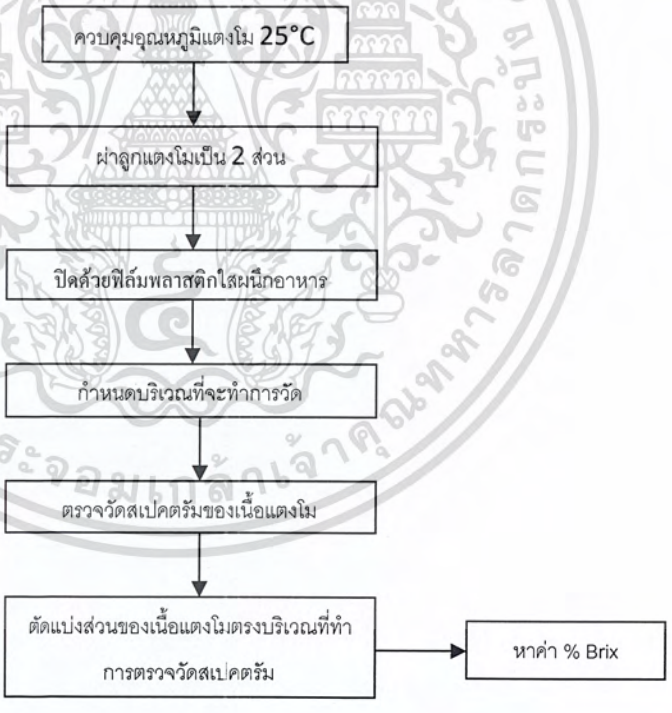
5. การวิเคราะห์การสุกและคุณภาพของผล apricot โดยใช้ FT-near-infrared spectroscopy (Sylvie Bureau, David Ruiz, Maryse Reich, Barbara Gouble, Dominique Bertrand, Jean-Marc Audergon และ Catherine M.G.C. Renard, 2009) [9] การใช้ near-infrared spectroscopy เป็นวิธีที่ไม่ทำลายผลผลิตของ apricot ช่วงคลื่นที่ใช้วัดคือ 800-2500 nm การแสดงออกถึงลักษณะทางฟิสิกส์ ทางกายภาพ และการวัดทางชีวเคมี ในแต่ละผล apricot 877 ผล จากพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวต่างๆ 8 พื้นที่เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น spectrum และคุณสมบัติต่างๆ โดยใช้เทคนิค chemometric ในการทำ PLS จะทำการสุ่มโดยการแบ่งผลไม้เป็นสองกลุ่มคือ 598 ผล สำหรับcalibration และ 279 ผล สำหรับvalidation การทำนายที่ได้สำหรับของแข็งที่ละลายน้ำและความเป็นกรด มีค่า correlation coefficients= 0.92 และ 0.89 ตามลำดับ และค่า root mean square errors of prediction เป็น 0.98% Brix สำหรับคุณลักษณะอื่น ๆเช่น ความแน่นเนื้อ ปริมานแก๊สเอทิลีน น้ำตาล และกรดอินทรีย์ก็บ่งชี้ถึงคุณภาพได้เช่นกัน การทำโมเดลนี้ไม่เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากมีความผิดพลาดสูงของการทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมผลแตงโมสำหรับการศึกษา

การดำเนินงานได้สุ่มผลแตงโมมาจากไร่ลุงเคน จ.สกลนคร อ.พังโคนโดยเริ่มจากเลือกแตงโมพันธุ์กินรี จากนั้นรอวันที่ดอกแตงโมบานจึงนำป้ายไปผูกไว้กับต้น พร้อมเขียนวันที่ที่จะทำการเก็บผลแตงโม แล้วปล่อยให้ผลแตงโมเจริญเติบโต ซึ่งอุปกรณ์ในการทดลองได้แก่ ป้ายพลาสติก เชือก ปากกาเมจิก เป็นต้น โดยเริ่มสุ่มเก็บผลแตงโมสำหรับทดลองเมื่อแตงโมมีอายุการเก็บเกี่ยวครบ 21, 23, 25 และ27 วัน หลังดอกบาน ครั้งละ 15 ผล ซึ่งมีขั้นตอนในการทดลองตามรูปที่ 3.1

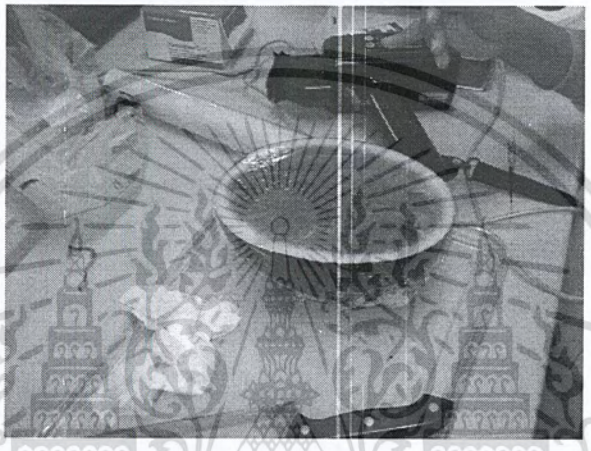


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนต่างๆ ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาตรวจสอบสมบัติภายในของแตงโมพร้อมบริโภค

นำผลแตงโมนำมาผ่าครึ่ง แล้วปิดด้วยฟิล์มพลาสติกที่นิยมใช้กันทั่วไปในการผนึกอาหาร (Poly vinyl chloride, PVC) หนา 11 ไมครอน ดังภาพที่ 3.2 จากนั้นนำมาตรวจวัดตรงบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ด้วยเครื่อง FQA NIR GUN (Japan) ทั้งขณะมีฟิล์มปิดอยู่ แล้วตรวจสอบความหวานด้วยเครื่อง Brix refractometer ซึ่งมีวิธีการดังนี้



รูปที่ 3.2 การปิดฟิล์มพลาสติกผนึกอาหาร และกำหนดบริเวณที่จะทำการวัด

3.2.1 การตรวจวัดเนื้อแตงโมด้วยเครื่อง FQA NIR GUN

การดำเนินทดลองเพื่อวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วง Near Infrared ของเนื้อแตงโม โดยใช้เครื่อง FQA NIR GUN ซึ่งมีลักษณะการวัดแบบ Interactance มีช่วงคลื่นระหว่าง 600-1100 นาโนเมตร โดยตรวจวัดผ่านฟิล์ม

อุปกรณ์

1.เครื่อง FQA NIR GUN

2.กระดาษทิชชู

3.ถาดรอง

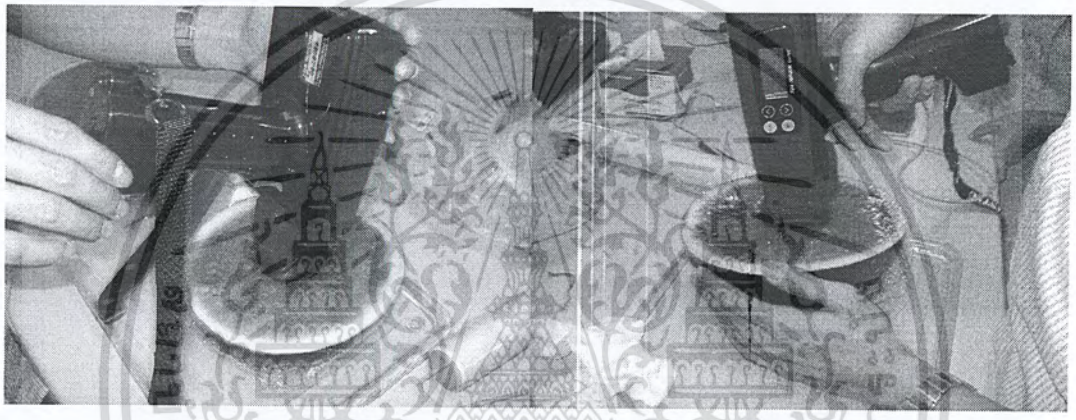
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1.เตรียมการตรวจวัดให้นำเครื่อง FQA NIR GUN ตรวจวัดกับวัสดุมาตรฐานที่ให้มากับเครื่องก่อน เพื่อนำเป็นค่าอ้างอิงในการทำงานของเครื่อง

2.จากนั้นนำแตงโมที่ผ่าครึ่งแล้วปิดด้วยผิล์มพลาสติกมาตรวจวัดด้วยเครื่อง FQA NIR GUN ตรงบริเวณส่วนที่ทำเครื่องหมายไว้ ดังภาพที่ 3.3 โดยคลุมด้วยผ้าดำเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกรบกวน

3.ดำเนินการตรวจวัด จนครบทุกตัวอย่าง



รูปที่ 3.3 การตรวจวัดเนื้อแตงโมพร้อมบริโภคด้วยเครื่อง FQA NIR GUN

3.2.2 การตรวจวัดความหวานของแตงโม

การดำเนินทดลองเพื่อวัดค่า %Brix ด้วยเครื่อง Brix refractometer ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าสเปคตรัม

อุปกรณ์

1.เครื่อง Brix refractometer

2.มีด

3.ถาดรอง

4.กระดาษทิชชู

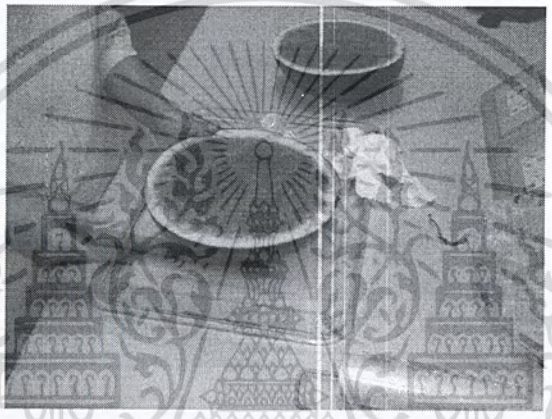
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

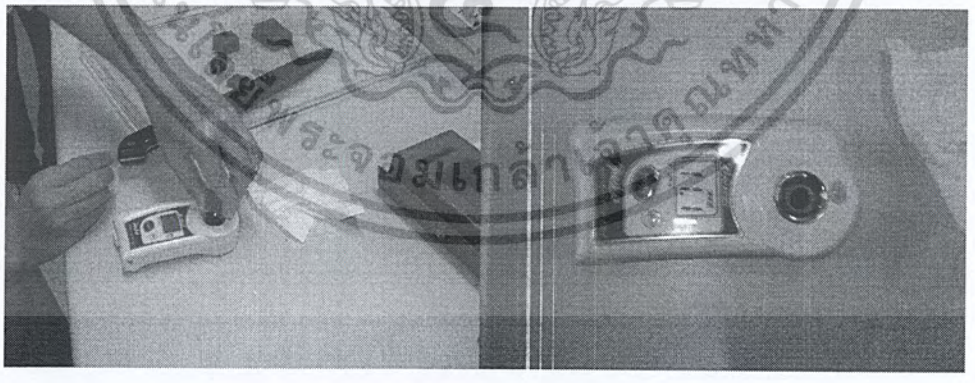
1.เอาฟิล์มพลาสติกผนึกอาหารออก

2.ตัดแบ่งส่วนที่จะทำการหาค่า %Brix ตรงบริเวณที่ทำการวัดสเปคตรัมด้วยเครื่อง NIR โดยแบ่งเป็นส่วนย่อยๆขนาดยาว 3 cm. กว้าง 2 cm. หนา 1 cm. เพื่อสะดวกในการตรวจวัดและแบ่งตัวอย่างเป็น 3 ชิ้น ดังรูปที่ 3.4

3.จากนั้นนำตัวอย่างไปบีบลงยังเครื่อง Brix refractometer จะได้ค่า %Brix ออกมา ดังรูปที่ 3.5 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.4 การตัดแบ่งตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัดความหวาน



รูปที่ 3.5 ค่าความหวานที่แสดงที่เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์

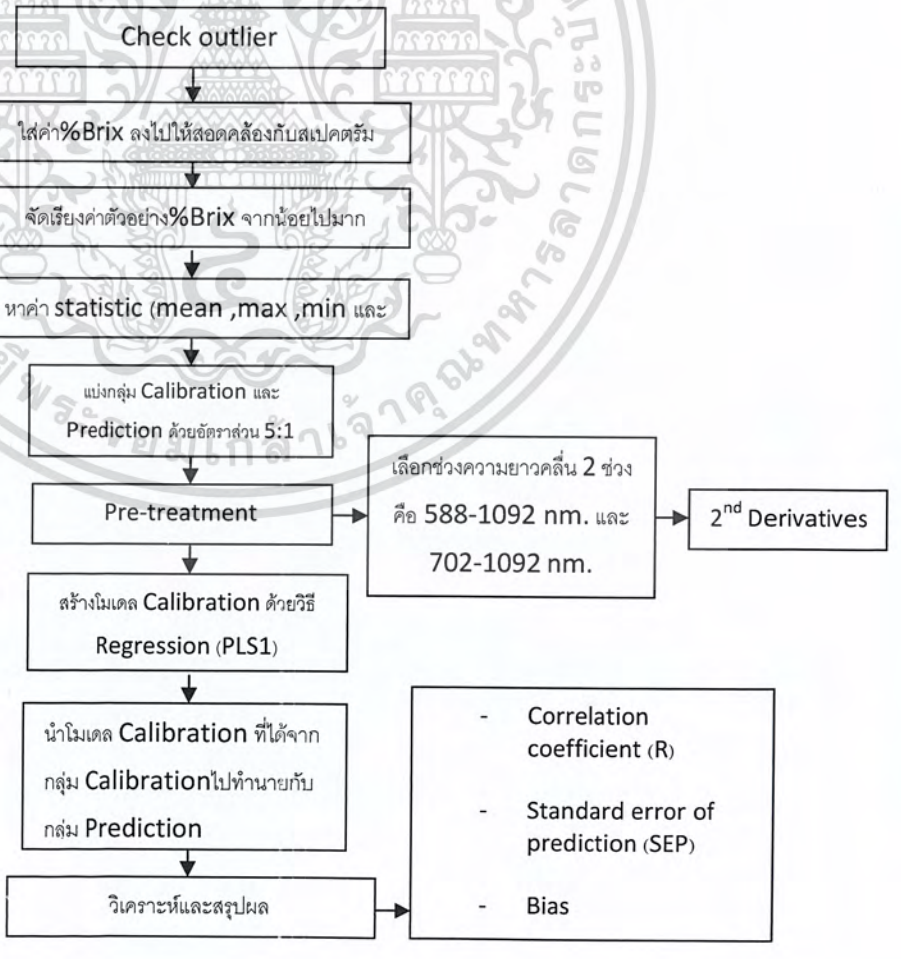
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้สร้างสมการการทำนาย

ตัวอย่างที่ใช้ในการทำนายค่านั้น จะแบ่งออกเป็นกลุ่ม Calibration set และ Prediction set โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทำนายทั้งหมด 120 ตัวอย่าง ซึ่ง 5 ตัวอย่างแรกเป็นกลุ่ม Calibration set และ 1 ตัวอย่างถัดไปเป็นกลุ่ม Prediction set จากนั้นจะนับตัวอย่างเช่นนี้ ที่ละ 5 และ 1 ตัวอย่าง สลับกันจนครบ 120 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างแรกและตัวอย่างสุดท้าย จะต้องเป็นตัวอย่างในกลุ่ม Calibration set

3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ค่าจากการทดลองนั้น จะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ชื่อว่า " The Unscrambler version 9.7"(Camo, Norway) ขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1. ค่าความหวานของแตงโมพร้อมบริโภค

ค่า Brix ที่ได้นั้น ได้มาจากค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Brix Refractometer ซึ่งวัดจากกลุ่มตัวอย่างในวันที่ 21, 23, 25 และ 27 วันหลังจากที่ดอกบาน ทั้งหมด 120 ตัวอย่าง โดยแสดงในตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ค่า %Brix ของวันที่ 21 หลังจากดอกบาน

ตัวอย่าง	%Brix value จาก Brix Refractometer			
	1	2	3	average
1/R	9.6	9.5	9.4	9.5
1/L	7.9	8.3	8	8.1
2/R	9.6	10	9.7	9.8
2/L	9.7	9.9	10.1	9.9
3/R	9.3	10.1	10	9.8
3/L	9.7	9.7	10.1	9.8
4/R	10.3	9.1	10.1	9.8
4/L	9.8	10	10	9.9
5/R	10.4	10.3	10.1	10.3
5/L	10.3	10.6	10.1	10.3
6/R	9.9	9.7	10.2	9.9
6/L	10.1	10.5	9.7	10.1
7/R	10.6	10.2	10.2	10.3
7/L	9.6	8.5	9.1	9.1
8/R	9.7	9.6	9.5	9.6
8/L	9	9.8	9.4	9.4
9/R	8.5	8.8	8.4	8.6
9/L	8.1	7.7	8.7	8.2
10/R	10.1	10.4	10.6	10.4
10/L	10.6	10.5	10.5	10.5
11/R	10.1	9.8	10.1	10.0
11/L	10.8	10.4	10.6	10.6
12/R	10.2	10.2	10.3	10.2
12/L	10.5	10.2	9.9	10.2
13/R	9.1	9.7	9	9.3
13/L	10.4	10.3	10.2	10.3
14/R	10.3	9.9	9.7	10.0
14/L	9.4	9	9.4	9.3
15/R	10.3	10.1	10.5	10.3
15/L	9.9	9.6	9.7	9.7

หมายเหตุ : R หมายถึง แตงโมซีกขวา

L หมายถึง แตงโมซีกซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า %Brix ของวันที่ 23 หลังจากดอกบาน

ตัวอย่าง	%Brix value จาก Brix Refractometer			
	1	2	3	average
1/R	7.4	8.5	8.9	8.3
1/L	8.4	9.1	8.7	8.7
2/R	10.4	10.7	10.4	10.5
2/L	10	10.7	10.4	10.4
3/R	10.6	10.4	10	10.3
3/L	10.8	11	11.7	11.2
4/R	11.3	11	11.4	11.2
4/L	10.4	11	11.1	10.8
5/R	10	10.3	10.3	10.2
5/L	9.9	9.4	10.2	9.8
6/R	9.5	10.1	10.8	10.1
6/L	11.1	11.4	11.2	11.2
7/R	10.9	10.2	10.2	10.4
7/L	10.5	11	11.2	10.9
8/R	8.4	9.2	9.3	9.0
8/L	9.8	9.3	9.3	9.5
9/R	11	10.9	11	11.0
9/L	10.9	11	10.8	10.9
10/R	10	10.1	10.6	10.2
10/L	10.1	10	10.5	10.2
11/R	9.5	9.3	10	9.6
11/L	10.5	9.6	10.1	10.1
12/R	10.6	10.6	10.4	10.5
12/L	10.3	10	10.5	10.3
13/R	10.8	10.5	10.6	10.6
13/L	10.6	11.2	11.6	11.1
14/R	10.2	10.2	10.9	10.4
14/L	10.2	10.1	10.4	10.2
15/R	11.1	10.9	10.7	10.9
15/L	11	11	11.3	11.1

หมายเหตุ : R หมายถึง แตงโมซีกขวา

L หมายถึง แตงโมซีกซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่า %Brix ของวันที่ 25 หลังจากดอกบาน

ตัวอย่าง	%Brix value จาก Brix Refractometer			
	1	2	3	average
1/R	11.0	10.6	10.6	10.7
1/L	11.3	11.5	10.5	11.1
2/R	10.3	10.2	10.6	10.4
2/L	10.2	10.5	10.4	10.4
3/R	9.5	9.4	9.9	9.6
3/L	9.6	9.2	9.4	9.4
4/R	9.5	10.0	10.3	9.9
4/L	9.0	9.5	9.6	9.4
5/R	10.8	10.6	10.4	10.6
5/L	10.2	10.3	11.0	10.5
6/R	11.2	11.3	11.6	11.4
6/L	11.1	11.2	11.4	11.2
7/R	11.4	12.0	12.0	11.8
7/L	11.2	11.8	11.0	11.3
8/R	11.0	11.3	10.9	11.1
8/L	10.0	11.0	10.9	10.6
9/R	10.5	11.2	10.9	10.9
9/L	11.0	11.6	11.6	11.4
10/R	10.3	11.0	10.8	10.7
10/L	10.0	10.5	10.6	10.4
11/R	10.0	10.5	10.5	10.3
11/L	10.2	10.8	10.0	10.3
12/R	11.4	11.3	11.4	11.4
12/L	10.9	10.7	11.1	10.9
13/R	9.6	9.4	9.6	9.5
13/L	9.8	9.1	9.4	9.4
14/R	10.8	10.9	11.1	10.9
14/L	11.1	11.0	10.9	11.0
15/R	10.5	11.0	9.6	10.4
15/L	11.5	11.5	11.9	11.6

หมายเหตุ : R หมายถึง แตงโมซีกขวา

L หมายถึง แตงโมซีกซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่า %Brix ของวันที่ 27 หลังจากดอกบาน

ตัวอย่าง	%Brix value จาก Brix Refractometer			
	1	2	3	average
1/R	11.4	11.3	11.3	11.3
1/L	11.8	11.8	11.4	11.7
2/R	9.7	9.2	9.3	9.4
2/L	9.5	10.0	9.7	9.7
3/R	10.6	10.5	10.4	10.5
3/L	10.4	9.8	9.9	10.0
4/R	10.7	9.7	10.6	10.3
4/L	10.8	10.9	10.9	10.9
5/R	10.2	10.3	10.2	10.2
5/L	10.1	9.5	10.3	10.0
6/R	11.1	10.1	10.7	10.6
6/L	9.9	10.3	10.6	10.3
7/R	11.4	10.7	10.9	11.0
7/L	10.9	10.4	10.3	10.5
8/R	9.9	10.7	11.1	10.6
8/L	10.6	10.8	11.1	10.8
9/R	10.7	11.0	11.0	10.9
9/L	10.8	11.5	10.0	10.8
10/R	8.9	8.9	9.0	8.9
10/L	8.7	8.8	8.8	8.8
11/R	11.5	11.8	11.5	11.6
11/L	11.4	11.4	11.4	11.4
12/R	9.8	10.2	9.9	10.0
12/L	9.3	8.9	9.2	9.1
13/R	10.8	11.0	11.0	10.9
13/L	10.9	11.2	10.2	10.8
14/R	10.6	10.2	11.3	10.7
14/L	10.5	10.5	11.0	10.7
15/R	11.1	10.5	10.6	10.7
15/L	11.2	11.2	11.2	11.2

หมายเหตุ : R หมายถึง แตงโมซีกขวา

L หมายถึง แตงโมซีกซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าทางสถิติของของความหวานที่ใช้สร้างสมการทำนายค่า

ตัวอย่างที่ใช้ในการทำนายค่านั้น จะแบ่งออกเป็นกลุ่ม Calibration set และกลุ่ม Prediction set ซึ่งแสดงจากตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าทางสถิติของของความหวานที่ใช้สร้างสมการทำนายค่า

Calibration set					Prediction set				
n	max	min	average	SD	n	max	min	average	SD
101	11.80	8.07	10.28	0.74	19	11.63	8.17	10.39	0.89

หมายเหตุ : n คือ จำนวนตัวอย่าง, SD= ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, max คือ ค่าสูงสุด, min คือ ค่าต่ำสุด, average คือ ค่าเฉลี่ย

4.3 Calibration model และการทำนาย (Prediction)

จากการวิเคราะห์ Calibration model โดยทำนายด้วยวิธี Partial least square (PLS) และโมเดลที่ใช้ ได้จากสเปกตรัมที่ผ่านการ Pretreatment แบบ Savitzky-Golay second differentiation ซึ่งแสดงเป็นข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการสร้างสมการและการทำนายความหวานของแตงโม ด้วยวิธี PLS

ช่วงความยาวคลื่น (nm)	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction		
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias
588-1092	Raw spectra	4	0.819987	0.434247	3.514e-07	0.803145	0.520475	-o.100820
	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 2 nm	2	0.821548	0.432546	3.112e-07	0.834655	0.540389	-0.103215
	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 5 nm	2	0.820129	0.434093	2.510e-07	0.793009	0.551354	-0.069728
	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 10 nm	2	0.818589	0.435763	2.309e-07	0.787988	0.557907	-0.072392
702-1092	Raw spectra	4	0.818866	0.435463	3.815e-07	0.843430	0.529409	-0.111824
	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 2 nm	2	0.819470	0.434809	2.610e-07	0.850824	0.530122	-0.114939
	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 5 nm	2	0.819659	0.434603	2.008e-07	0.847818	0.531478	-0.118911
	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 10 nm	**2**	**0.822032**	**0.432016**	**2.108e-07**	**0.850954**	**0.525077**	**-0.118271**

หมายเหตุ : ช่วงความยาวคลื่นที่ 702-1092 nm. ได้ตัดความยาวสเปคตรัมที่มีความสัมพันธ์กับสีออก ซึ่งความยาวของสเปคตรัมของสีจะอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร

PC = principle component, r=correlation, SEC= Standard error of Calibration, Bias= error, SEP= Standard error of Prediction

4.4 ค่าการทำนายทางสถิติที่ถูกเลือกใช้ในการวิเคราะห์

ผลจากการทำนายที่ดีที่สุดที่ถูกเลือกสำหรับการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 4.7

ช่วงความยาวคลื่น (nm)	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction		
			r	sec	Bias	r	sep	Bias
702-1092	Savitzky-Golay second differentiation ที่ derivative segment 10 nm	2	0.82	0.4	2.108e-07	0.85	0.5	-0.1

ตารางที่ 4.7 ผลการทำนายของ Calibration model และการทำนาย (Prediction) ที่ดีที่สุด

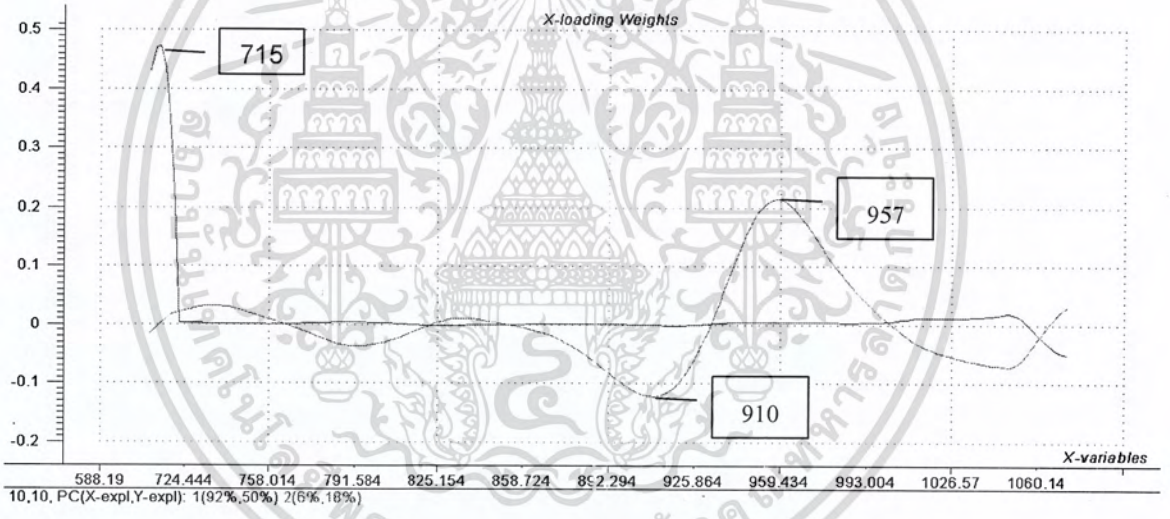
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากผลการทำนายที่ดีที่สุดของ Calibration model และPrediction model ด้วยวิธี Partial least square (PLS) ที่ความยาวคลื่น 702-1092 นาโนเมตรนั้น จะแสดงออกมาเป็นกราฟ 2 กราฟ คือ X-loading weight และ Regression coefficients ซึ่งได้กราฟออกมาดังนี้

5.1 กราฟ X-loading weight

จากรูปที่ 5.1 เป็น กราฟ X-loading weight ซึ่งค่า r = 0.85, SEP= 0.5 %Brix และ Bias=-0.1 %Brix



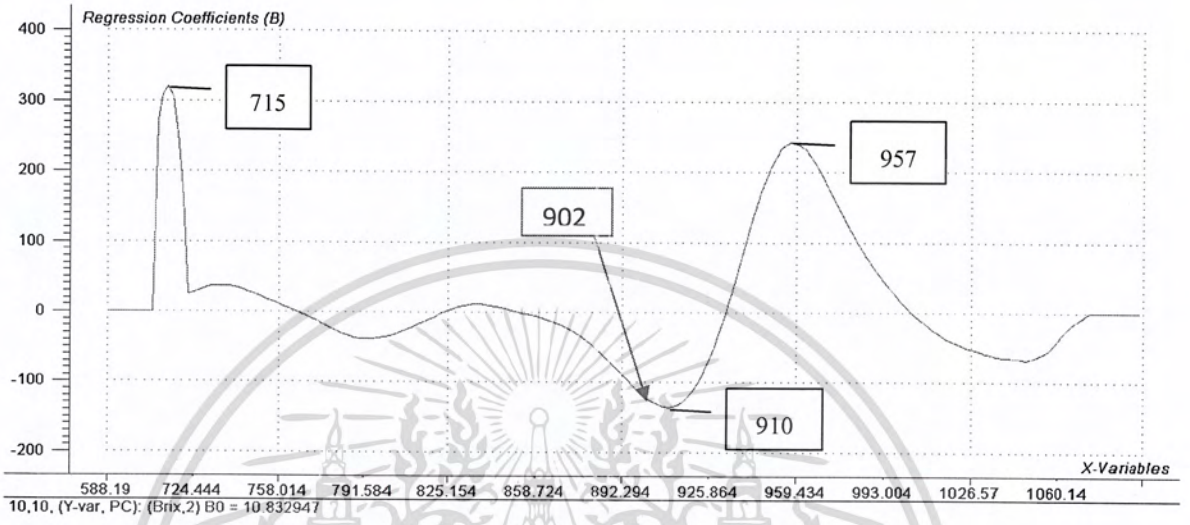
รูปที่ 5.1 กราฟ X-loading weight

จากกราฟเห็นได้ว่ามี PC ที่ครอบคลุมความแปรปรวน ทั้งหมด 2 PC ซึ่ง PC1 ครอบคลุม 92% และ PC2 ครอบคลุม 6% ดังนั้น PC ที่มีความสัมพันมากที่สุด คือ PC 1 ซึ่ง ครอบคลุมถึง 92%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 กราฟ Regression coefficients

กราฟ Regression coefficients ที่ได้ จากรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟ Regression coefficients

จากกราฟ Regression Coefficients เห็นได้ว่า มี peak ที่เด่นชัดในช่วง wavelength เท่ากับ 715, 910 และ 957 nm. ซึ่ง wavelength ที่ 957 nm. มีความสัมพันกับพันธะทางเคมีของ H_2O (น้ำ) ซึ่งการสั่นของพันธะทางเคมีของ H_2O จะเกิดขึ้นที่ช่วง wavelength เท่ากับ 958 nm. [10] และ wavelength ที่ 902 nm. ซึ่งเป็น Wavelength ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันกับปริมาณน้ำตาลในเมลอน [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุปผลการทดลอง

ในการประเมินค่าความหวานของแตงโมพร้อมบริโภค 120 ตัวอย่าง โดยใช้ ปืนเนียร์อินฟราเรด โดยใช้ช่วงความยาวคลื่น 702-1092 นาโนเมตร ผลที่ได้พบว่าสามารถทำนายค่าความหวานได้แม่นยำพอประมาณโดยมีค่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำนายได้กับค่าที่วัด(Correlation coefficient, R) เท่ากับ 0.85 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (Standard error of prediction, SEP) เท่ากับ 0.5 %Brix ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) เท่ากับ -0.1 %Brix ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่เกี่ยวข้องในการประเมินค่าความหวาน(soluble solid) คือ 715, 910 และ 957 นาโนเมตร ซึ่ง wavelength ที่ 957 nm. มีความสัมพันกับพันธะทางเคมีของ H_2O (น้ำ) และ wavelength ที่ 902 nm. ซึ่งเป็น wavelength มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันกับปริมาณน้ำตาลในเมลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ผลไม้ในประเทศไทย, แตงโม, เว็บไซต์สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ (www.culture.go.th/knowledge/story/thaifruit/melon.html)

2. การปลูกแตงโม, เว็บไซต์เกษตรทูเดย์ (www.kasettoday.com/kasetboard/index.php?topic=128.0)

3. "การอบรมเชิงปฏิบัติการ การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2545

4. รวิภัทร ลาภเจริญสุข, การประเมินสมบัติภายในและภายนอกของส้มโอเพื่อการส่งออกที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ กันด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี, 2552

5. S. Saranwong, N. Suttiwijitpukdee, S. Kasemsumran, W. Thanapase and S. Kwano, 2008, การศึกษาเบื้องต้นในการคัดแยกมะม่วงที่ปนเปื้อนไข่และหนอนแมลงวันทองในมะม่วงสุกโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 46 สาขาวิทยาศาสตร์ หน้า 285-291 ปี 2551

6. อาทิตย์ จันทร์หิรัญ; วารุณี ธนะแพสย์; ศุมาพร เกษมสำราญ; สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, 2009, การใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้นสำหรับการหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุด, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร หน้า 283-288 ปี 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ผลไม้ในประเทศไทย, แตงโม, เว็บไซต์สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ (www.culture.go.th/knowledge/story/thaifruit/melon.html)

2. การปลูกแตงโม, เว็บไซต์เกษตรทูเดย์ (www.kasettoday.com/kasetboard/index.php?topic=128.0)

3. "การอบรมเชิงปฏิบัติการ การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2545

4. รวิภัทร ลาภเจริญสุข, การประเมินสมบัติภายในและภายนอกของส้มโอเพื่อการส่งออกที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ กันด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี, 2552

5. S. Saranwong, N. Suttiwijitpukdee, S. Kasemsumran, W. Thanapase and S. Kwano, 2008, การศึกษาเบื้องต้นในการคัดแยกมะม่วงที่ปนเปื้อนไข่และหนอนแมลงวันทองในมะม่วงสุกโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 46 สาขาวิทยาศาสตร์ หน้า 285-291 ปี 2551

6. อาทิตย์ จันทร์หิรัญ; วารุณี ธนะแพสย์; ศุมาพร เกษมสำราญ; สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, 2009, การใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้นสำหรับการหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมังคุด, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร หน้า 283-288 ปี 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

7. นายจรูญพงศ์ เทียมประทีป, 2009, การตรวจสอบความบริบูรณ์ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยวิธีแบบไม่ทำลาย ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy, วิทยานิพนธ์ (วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร)) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2552

8. Antihus Hernandez Gomez, Yong He, Annia Garcia Pereira,2009 , Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using Vis/NIR-spectroscopy techniques, Journal of Food Engineering Volume 77, Issue 2, November 2006 pages 313-319

9. Sylvie Bureau, David Ruiz, Maryse Reich, Barbara Gouble, Dominique Bertrand, Jean-Marc Audergon and Catherine M.G.C. Renard, 2009 , Rapid and non-destructive analysis of apricot fruit quality using FT-near-infrared spectroscopy , Elsevier journals, Food Chemistry 113(2009) pages 1323-1328

10. Predicting firmness and sugar content of sweet cherries using Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy, Transactions of the ASAE 2001 American Society of Agricultural Engineers , P.1267

11. Mizuki Tsuta, Junichi Sugiyama and Yasutuki Sagara, Near-Infrared Imaging Spectroscopy Based on sugar Absorption Band for Melons, Journal of Agricultural and Food chemistry 2002, P.48-52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้