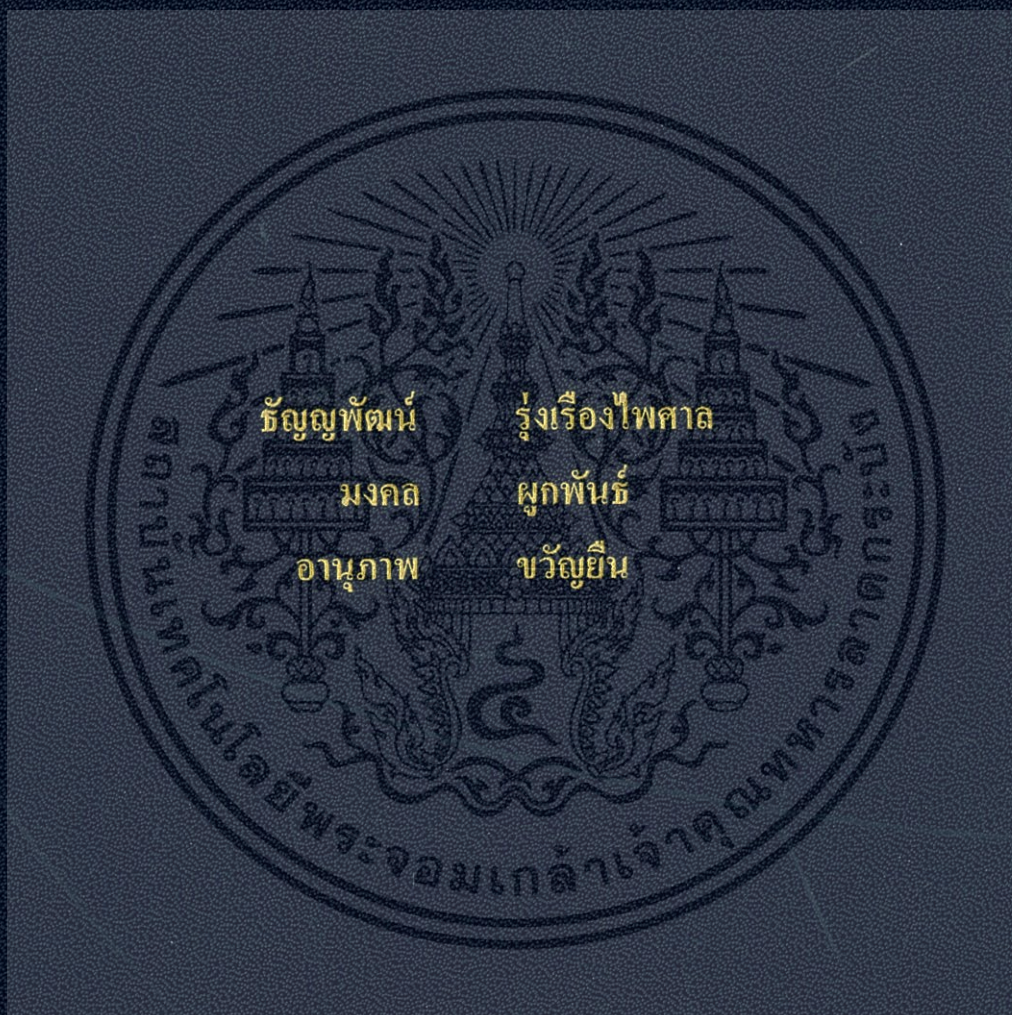


ทำนายความแน่นเนื้อและคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยเทคนิคเซ็นเซอร์
รับสัญญาณเสียง

THE DESIGN OF VOLTAGE TESTER FOR FIRMNESS AND INTERNAL
QUALITY PREDICTION OF "PANSETONG" GUAVA USING SOUND
DETECTION SENSOR



ปัญญาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ทำนายความแน่นอนและคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองด้วยเทคนิคเซ็นเซอร์
รับสัญญาณเสียง

THE DESIGN OF VOLTAGE TESTER FOR FIRMNESS AND INTERNAL
QUALITY PREDICTION OF "PANSETONG" GUAVA USING SOUND
DETECTION SENSOR



T148872



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148872
วันเดือนปี 30 11 2560

b. 14887649X
f.

ปัญญาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การทำนายความแน่นเนื้อและคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

ด้วยเทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

Firmness and internal quality prediction of "Pansetong" guava using
sound detection sensor.

จัดทำโดย

นางสาวธัญญพัฒน์ รุ่งเรืองไพศาล

รหัสประจำตัวนักศึกษา 55080164

นายมงคล ผูกพันธ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 55080182

นายอานุภาพ ขวัญยืน

รหัสประจำตัวนักศึกษา 55080212

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

วันที่ 21 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

(รองศาสตราจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยติ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ ทำนายความแน่นเนื้อและคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยเทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

นักศึกษา นางสาวธัญญพัฒน์ รุ่งเรืองไพศาล รหัสประจำตัวนักศึกษา 55080164

นายมงคล ผูกพันธ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 55080182

นายอานุกาพ ขวัญยืน รหัสประจำตัวนักศึกษา 55080212

สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยขุติ

บทคัดย่อ

ในสายพันธุ์ฝรั่ง “แป้นสีทอง” จัดได้ว่าเป็นฝรั่งที่นิยมกินผลสดมากที่สุดและครองตลาดต่อเนื่องอย่างยาวนานในประเทศไทย ผู้บริโภคมีความต้องการผลไม้ที่มีคุณภาพดี ซึ่งเป็นความต้องการที่สำคัญสำหรับผู้บริโภค ในปัจจุบันมีความสนใจเพิ่มขึ้นในด้านคุณภาพอื่นๆเช่นความสุกดิบของผลไม้ ความสุกของผลไม้สามารถวัดประเมินหาค่าความแน่นเนื้อได้ งานทดลองนี้จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง โดยใช้ตัวอย่างฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง 37 ผล เพื่อทำนายความแน่นเนื้อโดยใช้เซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียงจากการเคาะ ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW และสร้างสมการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(TSS), ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไคเตรท(TA), และความแน่นเนื้อ(firmness)

การสร้างสมการด้วยเทคนิคทางสถิติ Multiple Linear Regression (MLR) ด้วยโปรแกรม Unscramble ใช้ตัวแปรที่นำมาสร้างสมการดังนี้ ขนาด(กว้าง,ยาว,สูง),น้ำหนัก(mass), ปริมาตร(volume), ความหนาแน่น(density), ความเป็นทรงกลม(sphericity),color (L,a*,b*,H*,C*), และค่าสัญญาณเสียงจากเซนเซอร์รับสัญญาณเสียง(mV) พบว่าค่า R^2 ของสมการเพื่อจะใช้ในการทำนายค่า TSS, TA, และความแน่นเนื้อให้ เท่ากับ 0.36, 0.50, และ 0.76 ตามลำดับ เมื่อนำสมการไปตรวจสอบความแม่นยำด้วยกลุ่ม prediction พบว่าในแต่ละสมการมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการ

ทำนาย(RMSEP) เท่ากับ 0.83, 0.42, และ 134.45 g ตามลำดับ และพบว่าค่าความเป็นทรงกลมเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการสร้างสมการเพื่อทำนายค่าTSS และพบว่าค่าสัญญาณเสียง มีอิทธิพลต่อการสร้างสมการเพื่อทำนายค่า TA และความแน่นเนื้อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problems	The design of voltage tester for firmness and internal quality prediction of “Pansetong” guava using sound detection sensor.	
Student	MissThanyaphat Rungreungphaisal	Student ID. 55080164
	Mr. Mongkol Phookphan	Student ID. 55080182
	Mr. Arnupap Kwunyuen	Student ID. 55080212
Program	Food Process Engineering	
Year	2559	
Advisor	Assoc.Prof. Dr. Sontisuk Teerachaichayut	

Abstract

Guava (c.v. "PANSETONG") is favorite to eat by consumers in Thailand. The qualities of fruit such as ripeness, seedless, texture, good appearance etc. are important for customers' requirement. The objective of this experiment is to design the device which can be nondestructively used to predict the internal qualities of guava by using sound detection sensor and LabVIEW program. A set of samples (N= 37) were used for calibration for prediction of firmness, total soluble solids (TSS), and titratable acidity.

Multiple parameters such as dimensions (width, length, height), mass, volume, density, sphericity, color (L, a, b, H *, C *) and value from sound detection sensor were used to develop the calibration models. The results from the equations which were used to predict TSS, acidity, and texture obtained R^2 were 0.36, 0.50, and 0.76 as well as RMSEP were 0.83, 0.04 and 134.45 g, respectively. And found important parameter for TSS prediction were value from sphericity, And value from sound detection sensor were important parameter for TA and firmness prediction.

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อ ทำนายความแน่นอนเนื้อและคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทองด้วยเทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง ในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เกิดจากการได้รับความกรุณาของ รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยชยติ ที่ให้เกียรติมาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและ สละเวลาอันมีค่าคอยแนะนำ อบรม สั่งสอนและให้ข้อเสนอแนะที่ดีมาโดยตลอด ซึ่งเป็นประโยชน์ ต่อการจัดทำวิชาปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างมาก และท่านยังคอยช่วยชี้แนะแนวทางในการ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อให้รายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาที่ดีๆ ตลอดมาในระหว่าง การทำวิชาปัญหาพิเศษ และขอขอบคุณพี่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านและเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ กำลังใจและคอยช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำวิชาปัญหาพิเศษนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิชาปัญหาพิเศษที่ได้ทำการ ทดลองค้นคว้ามานี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่านไม่มากก็น้อย

นางสาวรัชฎาพัฒน์ รุ่งเรืองไพศาล

นายมงคล ผูกพันธ์

นายอานุกาฬ ขวัญยืน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	I
สารบัญตาราง.....	III
สารบัญรูปภาพ.....	IV
สัญลักษณ์คำย่อและอักษรย่อ.....	X

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2

บทที่ 2 วรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง.....	3
2.2 ความแน่นเนื้อ(firmness).....	3
2.3 วิธีการวัดความแน่นเนื้อ.....	4
2.4 การตรวจสอบคุณภาพความแก่อ่อนของฝักและผลไม้.....	5
2.5 ความสำคัญของการวัดสีของอาหาร.....	8
2.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression).....	11
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12

บทที่ 3 วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์.....	14
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 สารเคมี.....	15
3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง.....	15
3.5 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทอง โดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง.....	15
3.6 หลักการทำงานของเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง โดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง.....	19
3.7 วิธีการทดลอง.....	20
3.8 การคำนวณและวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การวิเคราะห์การทำนายโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression).....	46
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับคุณภาพของผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง.....	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	63
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	63
เอกสารอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก.....	66
ก. ความหมายของ LabVIEW และการนำไปใช้งาน.....	67
ข. ความหมายของตัวแปรและวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis).....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ค่า R^2 , RMSEC และ RMSEP ที่ได้จากการสร้างสมการและการทำนายค่า TSS, TA และ texture.....	50
4.2	ค่า R^2 จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างสมการและทำนายคุณภาพของผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง.....	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	ผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง..... 3
2.2	โครงสร้างของเซลล์ในผลไม้..... 4
2.3	เซลล์คอลเลินโดมามีติดกัน โดยมี middle lamella เป็นตัวเชื่อม..... 4
2.4	เครื่องมือวัดความแน่นเนื้อแบบไม่ทำลาย(non-destructive)..... 5
2.5	ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความแน่นเนื้อแบบทำลาย(destructive)..... 6
2.6	การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE lab ในรูป 3 มิติ..... 10
3.1	ฐาน..... 15
3.2	เสาเหล็กที่ใช้เชื่อมต่อกับฐานและคาน..... 16
3.3	คานเหล็กที่เชื่อมต่อกับไม้เคาะฝรั่ง..... 16
3.4	ฐานวางฝรั่ง..... 17
3.5	เซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง(sound detection sensor)..... 17
3.6	อุปกรณ์ DAQ..... 18
3.7	คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม LabVIEW..... 18
3.8	การจับไม้เคาะฝรั่งให้ขนานกับคานเหล็ก..... 19
3.9	หลักการทำงานของเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง โดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง..... 19
3.10	การวัดขนาดผลฝรั่งด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์..... 20
3.11	การชั่งน้ำหนักผลฝรั่งด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 0.01 กรัม..... 20
3.12	วัดปริมาตรของผลฝรั่งโดยการแทนที่ของน้ำตามวิธีการของ Mohsenin,(1986)..... 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13	เครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR-300 21
3.14	การวัดสัญญาณเสียงด้วยเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฟรังค์พันธุ์เป็น สีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง..... 22
3.15	กราฟแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม labVIEW..... 22
3.16	การวัดความแน่นเนื้อของผลฝรั่งด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อมาตรฐาน..... 23
3.17	การสับผลฝรั่งให้มีขนาดเล็กลง..... 23
3.18	การปั่นเนื้อฝรั่งให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า..... 24
3.19	การกรองเอาน้ำฝรั่งด้วยผ้าขาวบาง..... 24
3.20	การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Refractometer..... 25
3.21	สีที่เปลี่ยนไปของสารละลายหลังจากการไตเตรทด้วย NaOH 0.1N..... 25
3.22	ผลต่างของสัญญาณระหว่างช่วงเวลาที่ไม้เคาะจะกระทบผิวของฝรั่ง(A) กับค่าสูงสุดของสัญญาณช่วงเวลาที่ไม้เคาะสัมผัสกับผิวของฝรั่ง(B)..... 26
3.23	กราฟแรงและการเปลี่ยนรูปแสดงตำแหน่ง 30% ของแรงกดสูงสุด..... 28
3.24	หน้าแรก..... 30
3.25	การสร้างไฟล์ใหม่ที่จะใช้วางข้อมูล..... 31
3.26	เลือกจำนวนแถวและหลักที่ต้องการวางข้อมูล..... 31
3.27	วางข้อมูลกลุ่มตัวแปรต้น และตัวแปรตาม..... 32
3.28	การตั้งค่าตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ..... 32
3.29	การตั้งค่าตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ..... 33
3.30	เลือกการวิเคราะห์ผล..... 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.31	การเลือกวิธีการวิเคราะห์ผล..... 34
3.32	เลือกการทำนายผล..... 34
3.33	เลือกชนิดของตัวแปรในการทำนาย..... 35
3.34	เลือกกลุ่มตัวแปรต้นที่จะใช้ในการทำนาย..... 35
3.35	เลือกกลุ่มตัวแปรอิสระที่สนใจ..... 36
3.36	กด OK เพื่อดำเนินการวิเคราะห์..... 36
3.37	กด View เพื่อจะดูผลการวิเคราะห์..... 37
3.38	หน้าจอแสดงแสดงสมการ Calibration และข้อมูลตัวแปร..... 37
3.39	ตรวจสอบสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรต้นเพื่อนำไปสร้าง calibration model..... 38
3.40	ได้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น เพื่อนำไปเขียนเป็น calibration model..... 38
3.41	การทำนายตัวแปรในกลุ่มของ prediction..... 39
3.42	ตั้งค่าตัวแปรที่จะใช้ในการวิเคราะห์..... 39
3.43	การทำนายผลของกลุ่ม prediction ด้วยสมการ calibration..... 40
3.44	การตั้งค่าตัวแปรทั้งหมดในกลุ่ม prediction..... 40
3.45	การตั้งค่าตัวแปรต้นหรือตัวแปรที่จะใช้ในการทำนาย..... 41
3.46	การตั้งค่าตัวแปรตามหรือตัวแปรที่ต้องการทำนาย..... 41
3.47	เลือกตัวแปรตามที่ต้องการจะทำนาย..... 42
3.48	เลือกสมการ calibration เพื่อที่จะใช้ในการทำนายตัวแปรตาม..... 42
3.49	ดำเนินการวิเคราะห์..... 43

3.50 กด View เพื่อจะดูข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์..... 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในวงจำกัด ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.51	หน้าจอแสดงค่าทำนาย, ค่าจริง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการวิเคราะห์..... 44
3.52	หน้าจอแสดงผลค่าการทำนายต่างๆรวมถึงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูล prediction และ calibration..... 44
3.53	การบันทึกผล..... 45
4.1	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่า TSS โดยได้ค่า $R^2 = 0.43$, RMSEP = 0.83 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึง ความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 47
4.2	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่า %Acidity โดยได้ค่า $R^2 = 0.59$, RMSEP = 0.04 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึง ความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 48
4.3	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่าความ แน่นเนื้อโดยได้ค่า $R^2 = 0.70$, RMSEP = 134.45 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึง ความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 49
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าปริมาณของแข็งที่ ละลายน้ำได้ทั้งหมด(TSS) โดยได้ค่า $R^2 = 0.0303$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความ น่าเชื่อถือทางสถิติ..... 50
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาณกรดที่ ไทเตรทได้(TA) โดยได้ค่า $R^2 = 0.17$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือ ทางสถิติ..... 51
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความแน่นเนื้อจาก เครื่องวัดมาตรฐาน โดยได้ค่า $R^2 = 0.63$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือ ทางสถิติ..... 52
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความยาวโดยได้ค่า $R^2 = 0.20$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความกว้าง โดยได้ค่า $R^2 = 0.16$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 53
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความสูง โดยได้ค่า $R^2 = 0.01$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 54
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความเป็นทรงกลม โดยได้ค่า $R^2 = 0.01$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 55
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาตร โดยได้ค่า $R^2 = 0.23$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 56
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับน้ำหนัก โดยได้ค่า $R^2 = 0.22$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 57
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความหนาแน่น โดยได้ค่า $R^2 = 0.0041$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 58
4.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า L^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.04$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 59
4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ a^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.32$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 59
4.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ b^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.11$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 60
4.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ H^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.30$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 60
4.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ C^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.24$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ..... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ก.1	แสดงตัวอย่างเครื่องมือวัดเสมือนที่สร้างจาก LabVIEW 67
ก.2	แสดงการเข้าสู่โปรแกรม LAB VIEW 2010 68
ก.3	การประยุกต์ใช้ labVIEW ในภาคอุตสาหกรรม 69
ก.4	Graphical System Design 70
ก.5	แสดง Block Diagram HI ของ LabVIEW 71
ก.6	Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW 71
ก.7	ส่วนประกอบของ DAQ บนพีซี 72
ก.8	กระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกให้กลายเป็นจุดของข้อมูลดิจิทัล 74
ก.9	การ digitize สัญญาณ โดยใช้ ADC 3 บิต 75
ก.10	การใช้ ADC ความละเอียด 6 บิต 76
ก.11	การตั้ง Range การวัดในช่วงกว้างที่สุดคือ -10V ถึง +10V 77
ก.12	การตั้ง Range การวัดในช่วงกว้างที่สุดคือ เหลือ -2.5V ถึง +2.5V 77
ก.13	NI myDAQ 78
ก.14	NI CompactDAQ 79
ก.15	NI DAQmx 79

สัญลักษณ์คำย่อและอักษรย่อ

TSS	หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด
TA	หมายถึง ปริมาณกรดทั้งหมด
RMSEC	หมายถึง Root Mean Square Error of Calibration
RMSEP	หมายถึง Root Mean Square Error of Prediction
mV	หมายถึง หน่วยวัดค่าสัญญาณเสียง (มิลลิโวลต์)
et al	หมายถึง และคณะ



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศเกษตรกรรมรายใหญ่ประเทศหนึ่งของโลกซึ่งมีการเพาะปลูกพืชผักผลไม้เป็นหลัก การดูแลการเก็บรักษาจึงเป็นเรื่องที่สำคัญระดับหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคมีความตระหนักถึงความปลอดภัยและคุณภาพที่ดีของผักและผลไม้ ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจในการบริโภค รวมไปถึงการสนใจในด้านคุณลักษณะทางด้านคุณภาพอื่นๆ เช่นความสุกดิบของผลไม้ ดังนั้นจะกล่าวถึงการทำนายหรือการตรวจเช็คผลไม้ที่ใกล้จะสุกตอนไหนหรือเนื้อแข็งเกินไปหรือเนื้อนุ่มเกินไป คณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเครื่องวัดความแน่นเนื้อของฝรั่งเนื่องจากฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมายและในทางอุตสาหกรรมนิยมนำมาแปรรูปอีกด้วย ทำให้ฝรั่งเป็นผลไม้ที่ต้องการของตลาดอย่างกว้างขวางและมีความสำคัญของประเทศไทยมากขึ้น

ฝรั่งไม่เพียงผลไม้ที่รับประทานผลสดเท่านั้น แต่ยังสามารถนำมาตัดแปดแปลงแปรรูปได้หลากหลาย เช่น ทำเป็นน้ำผลไม้ที่มีคุณค่าต่อร่างกาย หรือจะเป็นฝรั่งแช่บ๊วย ฝรั่งหยี ฝรั่งดอง ที่เป็น การถนอมอาหารอีกรูปแบบหนึ่ง นอกจากนี้ส่วนอื่นๆ ของฝรั่งยังมีประโยชน์ทางสมุนไพรใช้เป็นการรักษาโรคได้ เช่น เปลือกและต้น มีสรรพคุณแก้ปวดฟัน ใบใช้เคี้ยวดับกลิ่นปาก ผลอ่อนเป็นยาแก้ท้องเสีย ป้องกันเลือดออกตามไรฟัน ลดสารพิษในร่างกาย ป้องกันไม่ให้ไขมันจับผนังหลอดเลือด ส่วนฝรั่งที่นิยมคือ “เป็นสีทอง” ซึ่งมีรสชาติที่หวาน หอม กรอบ เมล็ดน้อย มีวิตามินเอและวิตามินซีสูงกว่ามะนาวถึง 4 เท่าเลยทีเดียว จึงเป็นสาเหตุทำให้เกษตรกรหันมาสนใจในการปลูกฝรั่งกันมากขึ้นทั้งยังเป็นผลไม้ที่เจริญเติบโตง่ายและได้ผลผลิตอย่างรวดเร็ว ออกดอกติดผลตลอดทั้งปี ภายใน 1 ปี ก็สามารถเก็บผลผลิตขายได้ ทำให้เกษตรกรมีรายได้และคืนทุนเร็ว

ทางคณะผู้จัดทำได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง ขึ้นมาเพื่อใช้ทำนายคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องวัดความแน่นเนื้อมาตรฐานมาเป็นเครื่องตรวจสอบความถูกต้องกับเครื่องมือที่ทางคณะผู้จัดทำพัฒนาขึ้นมา เพื่อให้การทดลองนี้มีความน่าเชื่อถือในระดับสากล

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง
- 1.2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเสียงกับคุณภาพของผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง
- 1.2.3 เพื่อสร้างสมการหลายตัวแปรในการทำนายความแน่นเนื้อ, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(total soluble solids; TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้(titratable acidity; TA) ใน ผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อทำนายความแน่นเนื้อและคุณภาพภายในของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง เพื่อตรวจสอบความแน่นเนื้อ แล้วประมวลผลออกมาเป็นค่าสัญญาณเสียงหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (mV) ด้วยโปรแกรม LabVIEW รวมถึงการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยการวัดสัญญาณเสียงจากเครื่องที่คณะผู้จัดทำพัฒนาขึ้น หลังจากนั้นนำฝรั่งไปวัดค่าความแน่นเนื้อจากเครื่องวัดมาตรฐาน และหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด รวมถึงการหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้กับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 0.1N เพื่อหาค่า %Acidity ในการวิเคราะห์ผลก็นำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่พัฒนาแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ใช้สร้างสมการถดถอย (70%) และกลุ่มที่ใช้ในการทำนาย (30%) และนำค่าที่ได้จากการทำนายมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อจากเครื่องมาตรฐาน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยสรุปความสัมพันธ์ได้จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่า RMSEP

บทที่ 2

วรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

นฤมล มานีพพาน(2546) ในปัจจุบันคงต้องยอมรับกันว่า ฝรั่งกินสดที่มีคุณสมบัติเด่นที่ดีที่สุดก็คือ ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง ซึ่งเป็นฝรั่งที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงและคัดพันธุ์โดยชาวสวนในประเทศไทย เป็นสีทองเป็นฝรั่งที่มีผลขนาดใหญ่มาก เนื้อหนา เมล็ดน้อย มีลำต้นใหญ่ กิ่งก้านใบแข็งแรง จนมีการตั้งชื่อพันธุ์นี้ว่า เป็นสีทอง เพราะรูปร่างผลกลมแป้น ผิวสวย ติดผลไล่ขึ้นไปตั้งแต่โคนต้น



ภาพที่ 2.1 ผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

ที่มา : นฤมล มานีพพาน(2546)

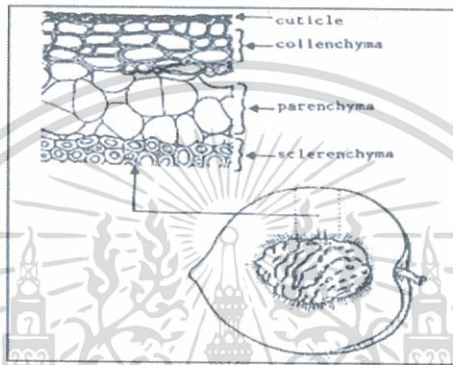
2.2 ความแน่นเนื้อ(firmness)

สมโภชน์ น้อยจินดา(2537) รายงานว่า ความแน่นเนื้อ (firmness) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความนุ่มนวล (softness) หรือความกรอบ (crispness) ของผลไม้ อีกทั้งยังสามารถใช้ในการประเมินระดับความสุกและความสดโดยอ้อม ซึ่งจะช่วยประเมินการตัดสินใจต่อการเก็บเกี่ยวและการเลือกใช้วัตถุดิบนั้นๆ

ความแน่นเนื้อของผลไม้ สามารถใช้ทำนายอายุ (วัย) ของผลิตผลนั้นๆ ได้โดยตามปกติ ระหว่างการเจริญเติบโตจนกระทั่งแก่ของผลไม้ จะมีการสะสมน้ำตาลและแป้งซึ่งได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ในเซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร ซึ่งอาหารสะสมแต่ละชนิดมีผลต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อ โดยแตกต่างกันไปตามชนิดและขนาดของเซลล์ ผลิตผลที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีขนาดเล็กเรียงอัดตัวกัน จะมีความแน่นเนื้อสูงกว่าพวกที่มีขนาดของเซลล์ใหญ่ เนื่องจากมีช่องระหว่างเซลล์น้อย โครงสร้างเนื้อเยื่อของผลไม้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยพาราเณไคมา (parenchyma) เป็นเซลล์ซึ่งยังคงมีชีวิตอยู่มากพบในส่วนที่รับประทานได้ของผลไม้ มีผนังบางอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

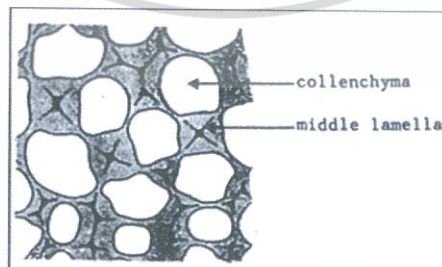
นุ่ม ยกเว้นพวกทำหน้าที่สะสมอาหาร(ภาพที่ 2.2) คอลเลนไคมา(collenchyma) มีผนังหนาซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อเยื่อ โดยเป็นเซลล์ที่มีชีวิตอยู่เหมือน พาราเนไคมา สเคอเรนไคมา (sclerenchyma) เป็นเซลล์ที่สร้างความแข็งแรงอีกชนิดหนึ่ง ผนังหนา เนื่องจากมี ลิกนิน(lignin) เป็นองค์ประกอบเซลล์ดังกล่าวเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะตาย โดยทั่วไปสเคอเรนไคมาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเซลล์ดังกล่าวคือ พวกที่มีขนาดยาว เรียกว่า ไฟเบอร์(fiber) พบมากในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด เช่น มะม่วงและบริเวณโคนของหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น พวกที่มีรูปร่างไม่ค่อนข้างกลม ได้แก่ สเคอริด(sclereid) มักพบในผลไม้ ที่มีเนื้อหยาบคล้ายเม็ดทราย เช่น ฝรั่ง



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเซลล์ในผลไม้

ที่มา : สมโภชน์ (2537)

เมื่อผลไม้เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะเข้าสู่ช่วงความแก่ทางสรีรวิทยาจากนั้นกระบวนการสุกจึงเริ่มเกิดขึ้น แป้งที่เก็บสะสมอยู่ในเซลล์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ซึ่งอาจสังเกตได้จากผลไม้เมื่อสุกจะมีรสหวานขึ้น ในขณะเดียวกันก็เกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์เพคติก(pectic enzyme) โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะย่อยสลายส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ด้านนอกให้ติดกับ middle lamella (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 เซลล์คอลเลนไคมายึดติดกัน โดยมี middle lamella เป็นตัวเชื่อม

ที่มา : สมโภชน์ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เพคตินที่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ(protopectin) เปลี่ยนไปอยู่ในรูปละลายน้ำได้(solublepectin) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของ การนึ่งของผักและผลไม้

2.3 วิธีการวัดความแน่นเนื้อ

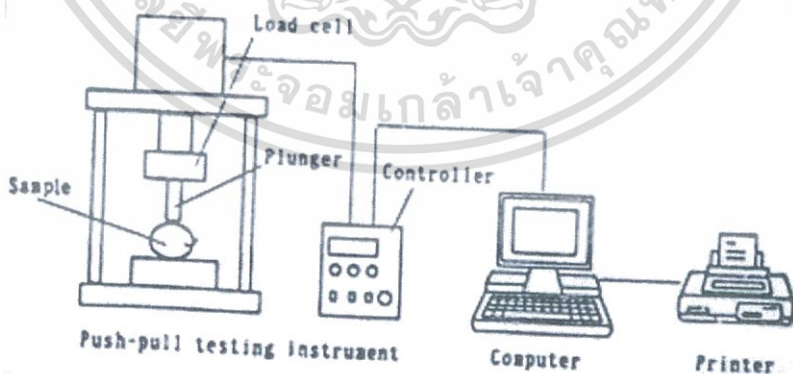
2.3.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส(sensory evaluation)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ การตรวจวิเคราะห์ คุณภาพของอาหาร โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของผู้ชิมได้แก่ การมอง การฟัง การดม การชิม และการสัมผัส ใช้จำนวนผู้ชิมที่มากพอประมวลด้วยวิธีทางสถิติ และแปลผลอย่างมีหลักเกณฑ์

2.3.2 การทดสอบด้วยเครื่องมือการวัด

เนื่องจากธรรมชาติของผลไม้จะสุกจากส่วนที่อยู่ด้านในติดกับเมล็ดออกสู่ด้านนอกดังนั้นจึงมีผู้คิดประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาตรวจสอบความแน่นเนื้อโดยเฉพาะ โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

2.3.2.1 การวัดความแน่นเนื้อแบบไม่ทำลาย(Non-destructive) คือ การวัดแบบไม่ทำลาย โครงสร้างเนื้อเยื่อของตัวอย่างโดยอาศัยหลักการส่งผ่านแรงสั่นสะเทือน แบบอิเล็กทรอนิกส์ (electrodynamics) ไปยังผลไม้โดยตรงแล้ววัดค่าแรงสะท้อนที่สะท้อนกลับ (transducer) ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ โดยไมโครคอมพิวเตอร์จะบันทึกข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลซึ่งเป็นดัชนีความแน่นเนื้อ (firmness index) ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ (สมโภชน์, 2537)

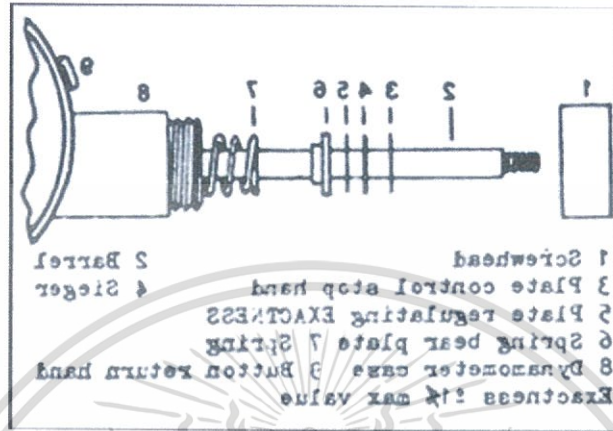


ภาพที่ 2.4 เครื่องมือวัดความแน่นเนื้อแบบไม่ทำลาย(non-destructive)

ที่มา : สมโภชน์ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การวัดความแน่นเนื้อแบบทำลาย(Destructive) คือการวัด โดยที่เนื้อเยื่อของตัวอย่างถูกทำลายโดยตรง เป็นวิธีที่นิยมใช้มากเพราะมีเครื่องมือที่ผลิตมาหลากหลายรูปแบบซึ่งส่วนใหญ่อาศัยหลักการเดียวกันกับตาชั่ง คือมีสปริงเป็นตัวต้านแรงที่ส่งผ่านมาจากหัวรับแรงกด โดยบอกค่าการวัดเป็นปอนด์หรือกิโลกรัม(กก.) (สม โภชน์, 2537)



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความแน่นเนื้อแบบทำลาย(destructive)

ที่มา : สม โภชน์ (2537)

2.4 การตรวจสอบคุณภาพความแก่อ่อนของผักและผลไม้

(วันเพ็ญ จิตรเจริญ, 2539) การตรวจสอบคุณภาพด้านความแก่อ่อนของวัตถุดิบประเภทผักผลไม้ นับว่ามีความสำคัญมาก ก่อนที่จะนำไปแปรรูปเพราะทำให้สามารถวัดระดับชั้นคุณภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและเป็นเครื่องชี้ว่าวัตถุดิบนั้นเหมาะที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริโภคสด

การตรวจสอบคุณภาพ คุณลักษณะ เฉพาะตัวและความแก่อ่อนของวัตถุดิบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องมือวัดค่า ซึ่งอาจจะบอกค่าเป็นความแน่นเนื้อ(firmness)หรือความชุ่มฉ่ำ(juiceness) หรือความอ่อนนุ่ม(tenderness) ของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังอาจวัดค่าโดยการตรวจหาปริมาณความชื้น ปริมาณสารที่มีคุณสมบัติไม่ละลายแอลกอฮอล์ หรือความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีใดย่อมแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบและชนิดของผลิตภัณฑ์

2.4.1 การวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารโดยการไทเทรต(Titratable acidity; TA)

ความเป็นกรดในอาหาร หมายถึง ปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารทั้งกรด

อินทรีย์และกรดอนินทรีย์ มักรายงานในรูปของกรดที่มีอยู่มากในอาหารนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

titratable acidity คือการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร โดยการไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) เช่น น้ำผลไม้ น้านม ไวน์ ซึ่งกรดในอาหารมีความสัมพันธ์กับรสเปรี้ยว (sour) ของอาหารกรดในอาหารอาจประกอบด้วยกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแล็กติก (lactic acid) กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) เป็นต้น

2.4.2 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำหนักของสารต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาณเท่ากัน ณ ที่อุณหภูมิหนึ่ง หรือความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความหนาแน่นของสารกับความหนาแน่นของน้ำ ในการวิเคราะห์อาหาร การหาค่าความถ่วงจำเพาะทำเฉพาะอาหารตั้งอย่างที่เป็นของเหลวเท่านั้น

2.4.2.1 อุปกรณ์

2.4.2.1.1 ขวดหาความถ่วงจำเพาะ (pycnometer)

2.4.2.1.2 เทอร์โมมิเตอร์

2.4.2.1.3 เครื่องชั่ง

2.4.2.2 วิธีการ

2.4.2.2.1 บันทึกลักษณะของตัวอย่าง

2.4.2.2.2 เตรียมตัวอย่างอาหาร

2.4.2.2.3 ชั่งหาน้ำหนักของขวดหาความถ่วงจำเพาะที่สะอาดและแห้งสนิท

2.4.2.2.4 เทน้ำหรือของเหลวตัวอย่างที่อุณหภูมิคงที่ใดๆ (นิยมวัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส)

2.4.2.2.5 จนเต็มขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศ

2.4.2.2.6 นำไปชั่งน้ำหนักของน้ำหรือขวดของเหลวตัวอย่าง

ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ จาก

$$d_t = \frac{w_1}{w_2} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด

ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (total soluble solid, TSS) หมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของอาหารเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำผลไม้เข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ในน้ำคั้นจาก ผัก ผลไม้ เป็นผลรวมของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ได้แก่ น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดแล็กติก และแร่ธาตุต่างๆ สามารถใช้เป็นดัชนีวัดความแก่อ่อน (maturity index) ของผักผลไม้

การวัดค่าTSS ในน้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น อนุโลมให้ใช้การวัดค่าด้วย refractometer มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตรหากเป็นสารละลายน้ำตาลหรือน้ำเชื่อม มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}$ Brix) หรือเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก

2.5 ความสำคัญของการวัดสีของอาหาร

(Billmeyer et al, 1981) สีเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมอาหาร ผู้บริโภคมักเลือกบริโภคสินค้าโดยตัดสินใจจากลักษณะปรากฏโดยรวมทั้งหมดซึ่งรวมถึงสีของผลิตภัณฑ์และสีมีกัมมันตภาพกับกลิ่นรสของอาหารด้วยเสมอ ดังนั้นการประเมินและตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสินค้า

2.5.1 การประเมินคุณลักษณะทางด้านสีของอาหาร

- เพื่อเป็นตัวตัดสินใจและสนับสนุนผลทางด้านคุณภาพขององค์ประกอบของสีของผลิตภัณฑ์อาหาร
- เพื่อเป็นการกำหนดสีของอาหารในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากผลของการเก็บรักษา ผลจากการผ่านกระบวนการแปรรูป และจากปัจจัยอื่นๆ

2.5.2 เครื่องมือในการวัดสี

เครื่องมือที่ใช้วัดสี เป็นการวัดสีโดยตรงที่ให้ผลที่ถูกต้องตรงไปตรงมามากกว่าการวัดสีโดยใช้คน เนื่องจากคนที่เป็นผู้สังเกตนั้นอาจยังมีความอคติในการตัดสินใจ อีกทั้งเครื่องมือยังมีความแม่นยำมากกว่า ใช้เวลาในการวัดน้อยกว่าและยังมีข้อดีอื่นๆที่หา

ให้ผลการวัดออกมาง่ายและเป็นมาตรฐาน เครื่องมือวัดสีที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม มี 3 ประเภท คือ

- Monochromatic colorimeter
- Tristimulus colorimeter
- Spectrophotometer

2.5.3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดสี แบ่งเป็น 3 ประการ

2.5.3.1 แหล่งกำเนิดแสง(light sour) แหล่งกำเนิดแสงมีผลอย่างมากในการบรรยายสีของวัตถุ แหล่งกำเนิดแสงถ้ามีแสงแตกต่างจากแสงขาว เมื่อตกกระทบวัตถุจะทำให้แสงที่สะท้อนกลับมาเกิดสีแตกต่างไป เช่น แสงจากหลอด incandescent จะให้แสงสีส้ม ในขณะที่ fluorescent ให้แสงขาวเย็น

2.5.3.2 วัตถุที่มอง(specimen) วัตถุที่ทึบแสง (opaque) จะให้การสะท้อนแสงที่เกิดสีแตกต่างจากวัตถุโปร่งแสง(translucent) และวัตถุโปร่งใส(transparent)

2.5.3.3 ผู้สังเกต(observer) ผู้สังเกตนั้นมีผลต่อการบรรยายสีที่มองเห็นอย่างยิ่ง ผู้สังเกตต่างคนจะบรรยายลักษณะสีต่างกันขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของแต่ละคน ในร่างกายคนจะมีเซลล์อยู่ 2 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับการรับสี คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคน เซลล์รูปแท่งจะตอบสนองได้ดีกับการมองเห็นที่เกี่ยวกับความมืดสว่าง ส่วนเซลล์รูปโคนจะตอบสนองต่อแสงที่มองเห็น

จากหลักการพื้นฐานเรื่องสีข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการวัดสีมาตรฐานและลดความไม่เป็นกลางเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้สังเกตการณ์ องค์การที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission International de' I Eclairage (CIE) ได้พัฒนาระบบสีจนเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ

ระบบ L^*, a^*, b^* เป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่

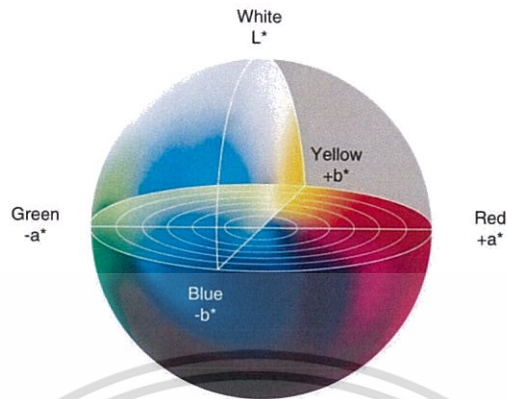
แกน L^* จะแสดงถึงความสว่าง(lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ

แกน a^* จะบรรยายถึงแกนจากสีเขียว($-a^*$) จนไปถึงสีแดง($+a^*$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน b^* จะบรรยายถึงแกนจากสีน้ำเงิน($-b^*$) จนไปถึงสีเหลือง ($+b^*$)

ลักษณะการบรรยายสีของ CIE แสดงได้ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE lab ในรูป 3 มิติ

ที่มา : http://en.wikioedia.org/wiki/Lab_color_space

โดย L^* ใช้กำหนดค่าความสว่าง(lightness)

$L = 0$ = Perfect black sample

$L = 100$ = Perfect white sample

a^* ใช้กำหนดแกนสีแดงไปถึงสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น - วัตถุมีสีเขียว

b^* ใช้กำหนดแกนสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น - วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

$$\text{ซึ่ง } L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (2.2)$$

$$a^* = 500((X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}) \quad (2.3)$$

$$b^* = 200((Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}) \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ X_n, Y_n, Z_n , คือค่า Tristimulus Value ของ Reference white ภายใต้ Illuminant หนึ่ง เช่น D65 ($Y_n = 100$ เสมอ ส่วน $X/X_n, Y/Y_n$ และ Z/Z_n จะมีค่ามากกว่า 0.01)

2.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

(สุพล ชูรงค์วัฒนา, 2553) ความเป็นจริงตามธรรมชาตินั้น สิ่งที่เราสนใจศึกษาจะมีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับสิ่งอื่นๆ หลายๆ อย่าง เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษามีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญา ความสนใจ ความถนัด เวลาที่ใช้ในการเรียนของนักเรียน การสอนของครูและอื่นๆ ปริมาณสินค้าที่ขายได้มีความสัมพันธ์กับราคา คุณภาพของสินค้า การโฆษณา และอื่นๆ สำหรับผลผลิตทางการเกษตรมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ปริมาณน้ำ คุณภาพของดิน พันธุ์ของพืช เป็นต้น ดังนั้น ในการคาดคะเน หรือ การพยากรณ์ค่าของสิ่งหนึ่งสิ่งใด หรือตัวแปรหนึ่งตัวแปรใดที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ นั้น ถ้าใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายๆ ตัวจะช่วยให้การพยากรณ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เช่น ในการคาดคะเนส่วนสูงของคนเรา ถ้าคาดคะเนจาก น้ำหนัก เพศ ความสูงของพ่อ แม่ ขนาดของเสื้อผ้าหรือรองเท้าที่สวมใส่ การคาดคะเนนั้นก็จะเป็นความจริง หรือมีความถูกต้องมากกว่าการคาดคะเนส่วนสูงจากน้ำหนักเพียงอย่างเดียว

2.6.1 การถดถอยพหุคูณ

การคาดคะเนค่าของตัวแปรหนึ่งซึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม จากค่าของตัวแปรอื่นๆ (ตัวแปรอิสระ) หลายๆ ตัวนั้น เรียกว่า “การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (multiple linear regression) เท่านั้น กล่าวคือ เป็นการศึกษาตัวแปรตาม (y) 1 ตัวที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรอิสระ (x_j) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป

ในเรื่องของสมการถดถอยอย่างง่ายนั้นจะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าสมการการถดถอยอย่างง่ายใช้ตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม สำหรับสมการถดถอยพหุคูณ (multiple regression equation) กล่าวได้ว่าเป็นส่วนขยายของสมการถดถอยอย่างง่าย คือ ได้เพิ่มตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไป สมการถดถอยพหุคูณนั้นเป็นการใช้ตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไปพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม เช่น กำไรของบริษัทมีความสัมพันธ์กับปริมาณการขาย ค่าใช้จ่ายในการโฆษณา ค่าใช้จ่ายในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิต ฯลฯ กำไรของบริษัทเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณการขาย ค่าใช้จ่ายในการโฆษณาและค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งในที่นี้จะเห็นว่ามีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเหล่านี้สามารถนำเขียนในรูปของสมการถดถอยพหุคูณได้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมะนาวโดยใช้สมการปลายตัวแปร(ทัศนีย์ ชีววิวัฒน์,ธนาภรณ์ แซ่เล้า. 2556)

มะนาวเป็นไม้ยืนต้นในพืชตระกูลส้ม มะนาวมีประโยชน์และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมหลายชนิด ในปัจจุบันพบว่าบางช่วงของปีมะนาวจะมีผลผลิตล้นตลาดมากเกินไป ความต้องการ ขณะที่บางช่วงมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้มะนาวในท้องตลาด ยังมีปัญหาเรื่องปริมาณน้ำในมะนาวมีปริมาณน้อย ด้วยเหตุนี้จึงมีการคิดค้นหาวิธีการทำนายปริมาณน้ำในมะนาวแบบไม่ทำลายผลไม้ การทดลองใช้ตัวอย่างมะนาว 109 ผล เพื่อทำนายความหนาแน่นของมะนาวโดยใช้การถ่ายภาพร่วมกับ โปรแกรม Matlab และสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณน้ำในมะนาว, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(TSS) และค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)

ผลการทดลองปรากฏว่าเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นจริงกับความหนาแน่นที่ทำนายได้จากการถ่ายภาพ ซึ่งให้ค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.591$

ผลการสร้างสมการที่ใช้ทำนาย ปริมาณน้ำมะนาว, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(TSS) และ pH ซึ่งตัวแปรที่ใช้เพื่อนำไปสร้างสมการมีดังนี้ sphericity, Color(L,a,b),ค่าสัญญาณจาก photo sensor, density และ flesh firmness ผลที่ได้จากการสร้างสมการพบว่า สมการที่ใช้ทำนายปริมาณน้ำในมะนาว, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS) และ pH ให้ค่า Coefficient of determination (R^2) เท่ากับ 0.31, 0.35 และ 0.20 ตามลำดับ ต่อมาเมื่อพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้จากกลุ่ม prediction ซึ่งผลที่ได้จากกราฟพบว่าสมการที่ใช้ทำนายปริมาณน้ำในมะนาว, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(TSS) และ pH ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.33, 0.35 และ 0.46 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการสร้างสมการ คือความหนาแน่น(density)และค่าความเป็นทรงกลม(sphericity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 Gutierrez et al. (2007) ได้ศึกษาระบบการคัดแยกลูกพีช จากค่าความแน่นเนื้อก่อนเข้าสู่เชิงพาณิชย์ โดยทางสถาบันวิจัย Institute Valenciano de Investigacions Agrarias (IVIA) ได้ผ่านการทำสัญญา CRAFT-1999-701006 ได้รับทุนวิจัยจากทางสหภาพยุโรป ได้ออกแบบเซ็นเซอร์วัดความแน่นเนื้อให้สามารถจำแนกลูกพีชออกเป็น 3 ประเภท คือ แข็งมาก แข็ง และไม่แข็งเลย งานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงการวิเคราะห์แรงที่ตกกระทบของผลไม้บนโพลีคาร์บอเนต โดยเป็นการเปรียบเทียบกราฟแรงกับเวลาการทดสอบโดยการทำซ้ำ แสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์วัดความแน่นเนื้อนี้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมกับความเร็วที่ 8 ผล ต่อ 1 วินาทีและเซ็นเซอร์สามารถจำแนกประเภทของลูกพีชตามความแน่นเนื้อที่เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของการทดลองซ้ำ



บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้คือ ผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง หลังจากการเก็บเกี่ยว 3 วัน

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือวัดความแน่นเนื้อมาตรฐาน(Texturometer stable microsystem TA Xplus)

3.2.2 เครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

3.2.3 อุปกรณ์วัดปริมาตรของฝรั่ง

3.2.4 เวอเนียร์คาร์ลิปเปอร์

3.2.5 เครื่องวัดสี(Minolta CR-300)

3.2.6 เครื่องวัดอุณหภูมิภายในห้องทดลอง

3.2.7 เครื่องวัดความหวาน (Refractometer ATAGO PAL-1,Japan)

3.2.8 เครื่องปั่นผลไม้

3.2.9 ผ้าขาวบาง

3.2.10 ขวดรูปชมพู่ 125 มิลลิลิตร

3.2.11 บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร

3.2.12 กระจกตวง 100 มิลลิลิตร

3.2.13 บิวเรต 50 มิลลิลิตร

3.2.14 ปีเปต 5.0 มิลลิลิตร

3.2.15 แท่งแก้วคนสาร

3.2.16 มีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.17 ถาดรองฝรั่ง

3.2.18 เครื่องชั่งน้ำหนักสองตำแหน่ง

3.2.19 ตะแกรงร่อน

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1N

3.3.2 ฟีนอล์ฟทาลีน

3.3.3 น้ำกลั่น

3.4 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องมือ

3.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

3.5.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องทางกล

3.5.1.1.1. ฐาน มีความกว้าง 210 mm ยาว 297 mm และหนา 5 mm และปลอก เชื่อมกับฐาน มีความสูง 65 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.1.2 เสาเหล็กใช้ที่เชื่อมต่อกับฐานและคาน มีความสูง 30 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 เสาเหล็กใช้ที่เชื่อมต่อกับฐานและคาน

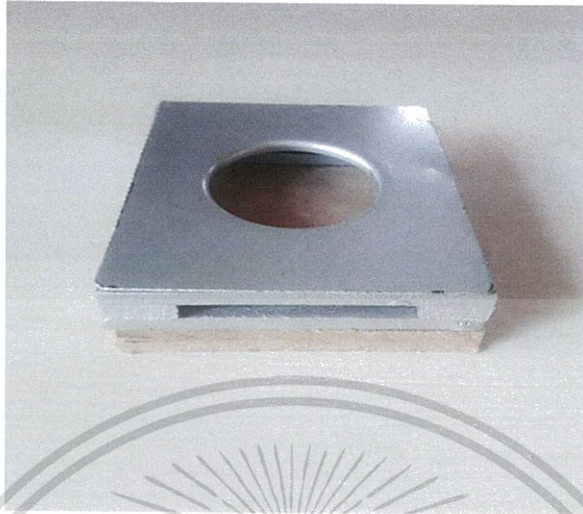
3.5.1.1.3 คานเหล็กที่เชื่อมกับไม้เคาะ มีความยาว 25 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm และไม้เคาะฝรั่ง มีความยาว 228 mm เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเคาะ 10 mm ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 คานเหล็กที่เชื่อมต่อกับไม้เคาะฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.1.4. ฐานวางฝรั่ง มีความกว้าง 95 mm ความยาว 110 mm ความสูง 25 mm และมีช่องว่างตรงกลาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ฐานวางฝรั่ง

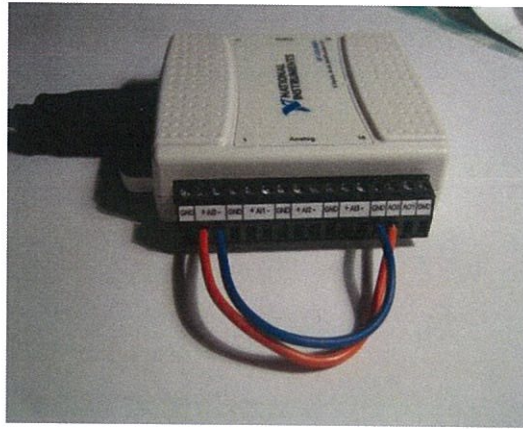
3.5.1.2 ส่วนประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์

3.5.1.2.1 เซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง(sound detection sensor) แสดงในภาพที่ 3.5



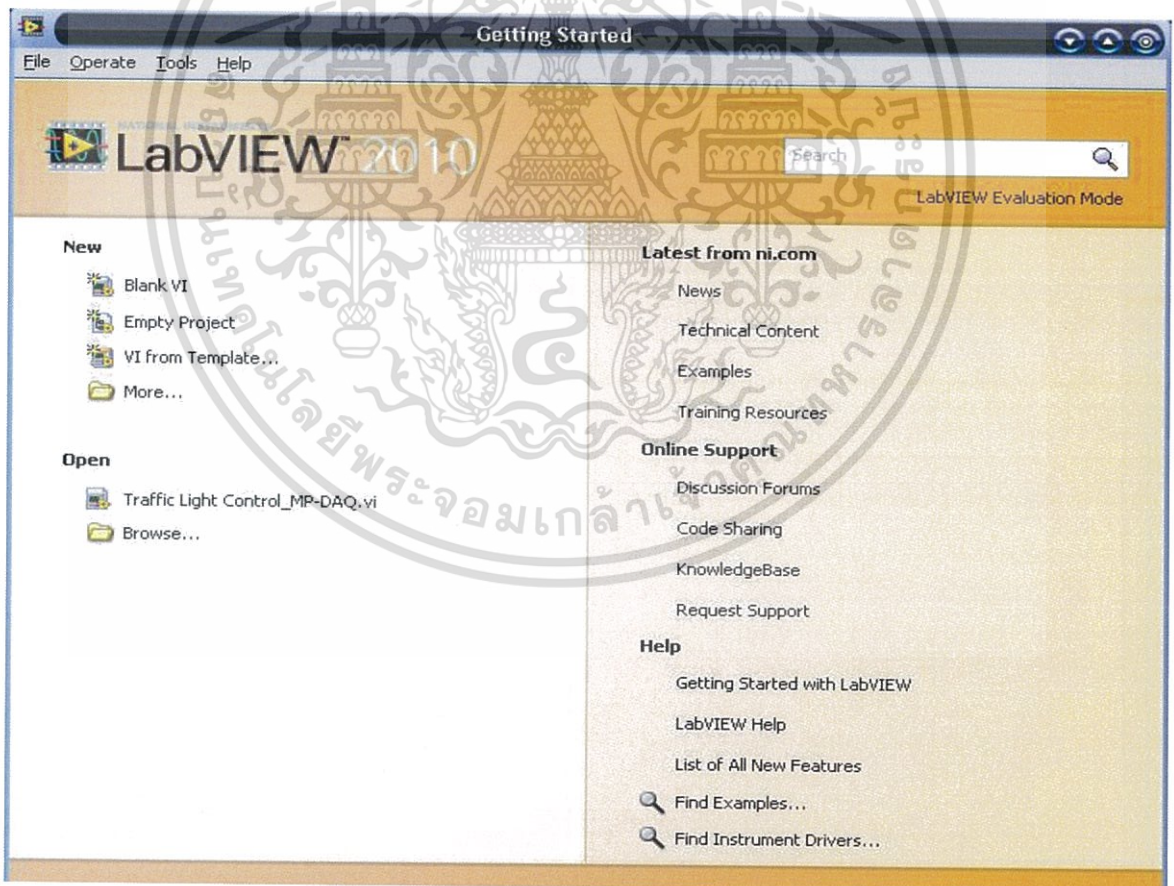
ภาพที่ 3.5 เซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง(sound detection sensor)

3.5.1.2.2 อุปกรณ์ DAQ แสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์ DAQ

3.5.1.2.3 คอมพิวเตอร์ที่มี โปรแกรม LabVIEW แสดงในภาพที่ 3.7

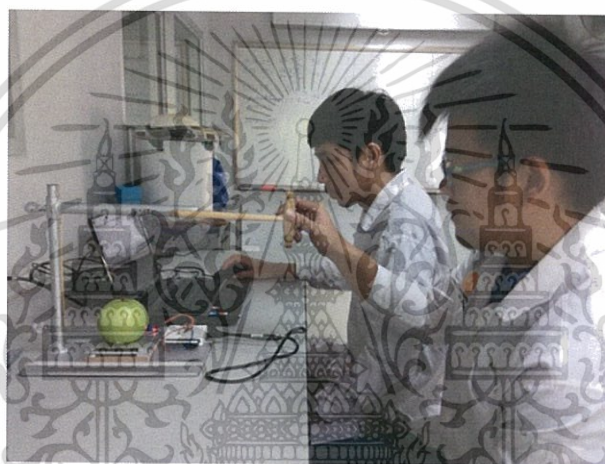


ภาพที่ 3.7 คอมพิวเตอร์ที่มี โปรแกรม LabVIEW

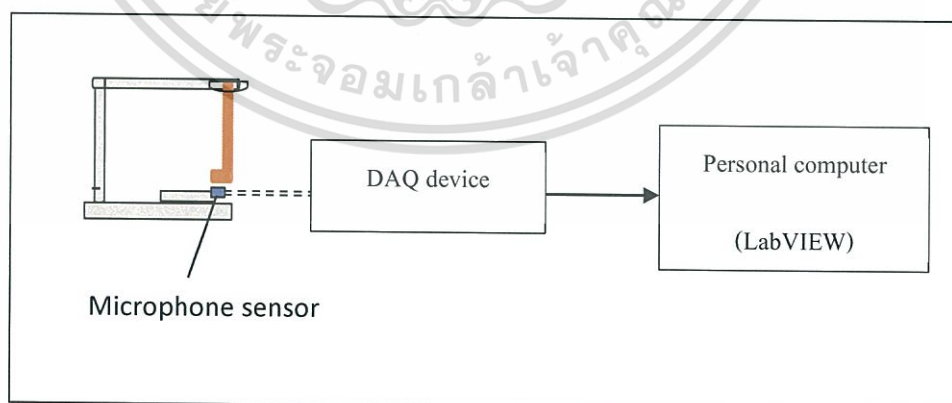
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 หลักการทำงานของเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฟรังค์พันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

ใช้ไม้เคาะฟรังค์ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ คือจับให้ไม้เคาะให้ขนานกับคานเหล็ก แล้วปล่อยให้ไม้เคาะให้ไปกระทบกับฟรังค์(ภาพที่ 3.8) แรงที่ตกกระทบจะเกิดเป็นสัญญาณเสียง โดยมีเซ็นเซอร์ไมโครโฟน ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงจากการเคาะฟรังค์ในแต่ละครั้ง สัญญาณที่วัดได้จะเป็นอะนาล็อก(analog input) จากนั้นอุปกรณ์ data acquisition(DAQ) จะทำการดึงสัญญาณเพื่อแปลงค่าสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นดิจิทัล(analog-to-digital) เพื่อเข้าสู่โปรแกรม LabVIEW ทำหน้าที่แสดงผล เป็นกราฟระหว่างค่าทางไฟฟ้ากับเวลา และบันทึกข้อมูล โดยสัญญาณที่วัดได้จะมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ต่อวินาที (mV/s) ภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.8 การจับไม้เคาะฟรังค์ให้ขนานกับคานเหล็ก



ภาพที่ 3.9 หลักการทำงานของเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฟรังค์พันธุ์เป็นสีทอง โดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วิธีการทดลอง

3.7.1 ขั้นตอนการวัดคุณภาพทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง

3.7.1.1 วัดขนาด

วัดขนาดของผลฝรั่งทั้งด้านยาว กว้าง และสูง โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การวัดขนาดผลฝรั่งด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

3.7.1.2 ชั่งน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักผลฝรั่งทั้งผล ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 0.01 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 การชั่งน้ำหนักผลฝรั่งด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 0.01 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1.3 วัดปริมาตร

หาปริมาตรของผลฝรั่งโดยการแทนที่ของน้ำตามวิธีการของ Mohsenin, (1986) ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 วัดปริมาตรของผลฝรั่งโดยการแทนที่ของน้ำตามวิธีการของ Mohsenin,(1986)

3.7.1.4 วัดสีของผลฝรั่งด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR-300

วัดสีของผลฝรั่งบริเวณที่จะทำการเคาะ ทำ 2 ซ้ำ บันทึกค่า (L^* a^* b^*) จากนั้น นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ส่วน เพื่ออธิบายค่าสีของฝรั่งได้ทั่วทั้งผล ดังแสดงในภาพที่ 3.13 ในการคำนวณหาค่า Hue angle(H^*) และ Chroma(C^*) จะอธิบายในหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 3.13 เครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR-300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1.5 วัดสัญญาณเสียงจากการเคาะฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองด้วยเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง

วางฝรั่งบนแท่นรอง ทำการเคาะฝรั่ง 2 ซ้ำที่บริเวณกลางผลโดยผู้ทดลอง จะทำสัญญาณไว้ (ภาพที่ 3.14) แสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW หน่วยเป็น มิลลิโวลต์ต่อวินาที (mV/s) ดังแสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.14 การวัดสัญญาณเสียงด้วยเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองโดยใช้เทคนิคเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง



ภาพที่ 3.15 กราฟแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม labVIEW

3.7.1.6 วัดความแน่นเนื้อของฝรั่งด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อมาตรฐาน (texturometer stable microsystem TA-Xplus) ใช้หัวกดแบบ P/5 ความเร็วในการกด 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะความลึก 20 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 การวัดความแน่นเนื้อของผลฝรั่งด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อมาตรฐาน

3.7.2 ขั้นตอนการวัดคุณภาพทางเคมีของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

3.7.2.1 การสับ

ใช้มีดสับฝรั่งให้มีขนาดเล็กกลด ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 การสับผลฝรั่งให้มีขนาดเล็กกลด

3.7.2.2 การปั่น

ใช้เครื่องปั่นผลไม้ปั่นฝรั่งที่ซอยขนาดแล้ว ปั่นให้ละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 การปั่นเนื้อฝรั่งให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า

3.7.2.3 การกรอง

ใช้ผ้าขาวบางกรองเอาแต่ส่วนน้ำของฝรั่ง ดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 การกรองเอาน้ำฝรั่งด้วยผ้าขาวบาง

3.7.2.4 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(Total soluble solid; TSS)

นำน้ำฝรั่งที่คั้นได้มาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Refractometer ATAGO PAL-1, Japan รายงานผลเป็นองศาบริกซ์(°Brix) ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำค่าที่วัดได้ 2 ค่าที่ใกล้เคียงกันมาหาค่าเฉลี่ยพร้อมบันทึกผล ดังแสดงในภาพที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.20 การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Refractometer

3.7.2.5 การหาปริมาณกรดด้วยการไตเตรท(titratable acidity; TA)

นำน้ำฝรั่งที่คั้นได้มาวิเคราะห์ปริมาณกรดโดยปิเปตน้ำฝรั่ง 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาเลอิน 1-2 หยด เขย่าให้สารละลายเข้ากัน ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1N สังเกตสีของสารละลายที่เปลี่ยนไป อ่านค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ไปในการไตเตรท ทำการไตเตรท 2 ซ้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3.21 ในการคำนวณหา %Acidity จะกล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป



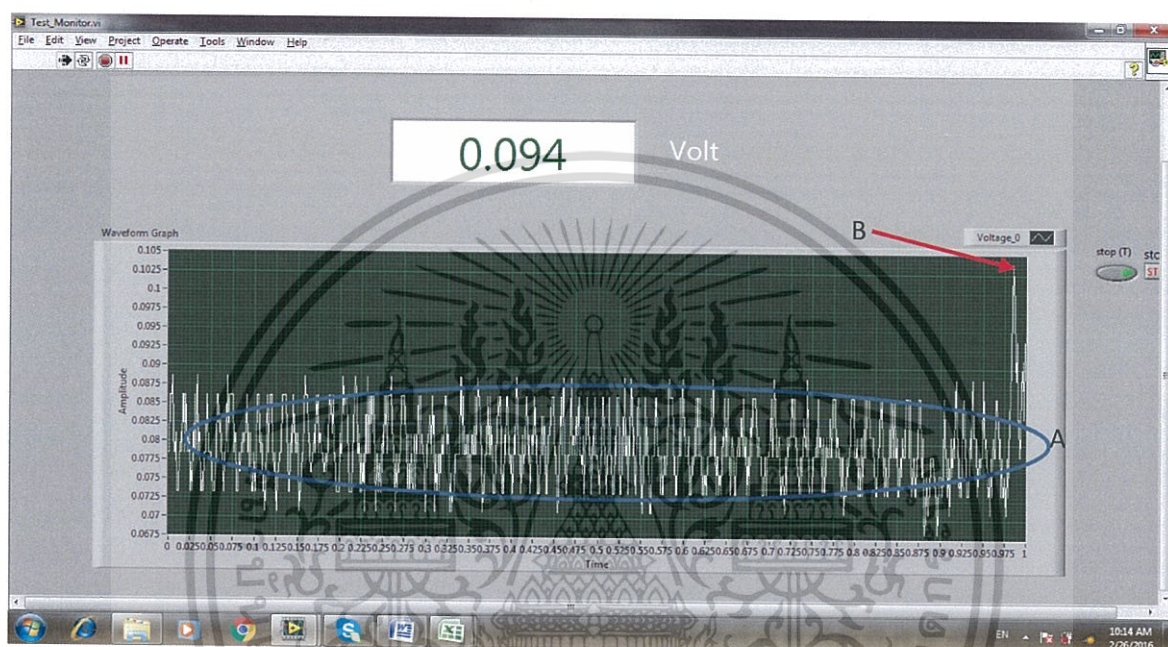
ภาพที่ 3.21 สีที่เปลี่ยนไปของสารละลายหลังจากการไตเตรทด้วย NaOH 0.1N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การคำนวณและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.8.1 คำนวณหาค่าจริงที่ได้จากการวัดค่าแรงดันทางไฟฟ้า คือผลต่างของสัญญาณ

ระหว่าง ค่าเฉลี่ยของสัญญาณในช่วงเวลาก่อนที่ไม้เคาะจะกระทบผิวของฝรั่ง(A) กับค่าสูงสุดของสัญญาณในช่วงเวลาที่ไม้เคาะสัมผัสกับผิว(B)ของฝรั่ง ดังภาพแสดงในภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 ผลต่างของสัญญาณระหว่างช่วงเวลาที่ไม้เคาะจะกระทบผิวของฝรั่ง(A) กับค่าสูงสุดของสัญญาณช่วงเวลาที่ไม้เคาะสัมผัสกับผิวของฝรั่ง(B)

3.8.2 การหาค่าความเป็นทรงกลม(%Sphericity)

หารูปปร่างของผลฝรั่ง จากการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นทรงกลม(%Sphericity) ของผลฝรั่ง ตามวิธีของ Mohsenin (1986) คำนวณค่า Sphericity จากสูตร

$$\% Sphericity = 100 * (D_i / D_c) \quad (3.1)$$

D_i = เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ใหญ่ที่สุดที่อยู่ภายในผลได้

D_c = เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่เล็กที่สุดที่ล้อมรอบผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 การหาความหนาแน่น(density)

หาความหนาแน่นของผลฝรั่ง(density) โดยคำนวณจากสูตร $\rho = \frac{m}{v}$ (3.2)

ρ = ความหนาแน่น หน่วย กรัมต่อมิลลิลิตร

m = น้ำหนักของผลฝรั่ง หน่วย กรัม

v = ปริมาตรของผลฝรั่ง หน่วย มิลลิลิตร

3.8.4 การหาค่า Hue(H*) และ Chroma(C*)

Chroma หาได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ $a^* = b^* = 0$ ไปยังตำแหน่งสีของตัวอย่างค่า C^* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่ค่าความสว่างหนึ่งๆ โดยคำนวณได้จาก

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.3)$$

ค่า Chroma = 0 หมายถึงความสดใสของสีเป็นศูนย์คือ “ไม่มีสี” จึงปรากฏเป็นขาวเทา หรือค่า Chroma ยิ่งมากแสดงว่าวัตถุนั้น “มีสี” ที่สดใสมาก

Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่ามีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา โดยคำนวณสำหรับค่า a^* และ b^* ที่เป็นบวก ซึ่งก็คือมีค่าอยู่ใน quadrant ที่ 1 Hue angle คำนวณได้จาก

$$\text{Quadrant ที่ 1 } (+a^*, +b^*) \quad H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.4)$$

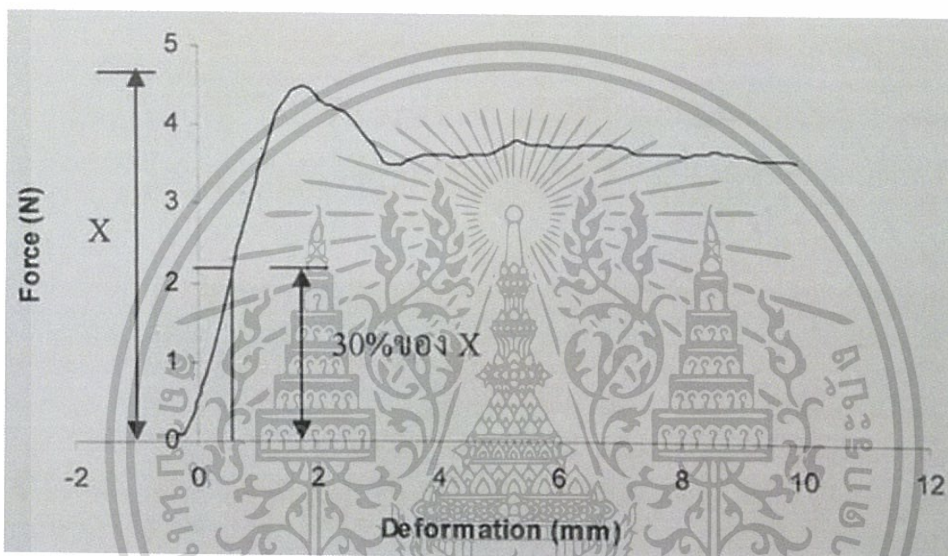
$$\text{Quadrant ที่ 2 } (-a^*, +b^*) \quad H^* = 180 - \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.5)$$

$$\text{Quadrant ที่ 3 } (-a^*, -b^*) \quad H^* = 180 + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.6)$$

$$\text{Quadrant ที่ 4 } (-a^*, -b^*) \quad H^* = 360 - \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.7)$$

3.8.5 การหาค่า 30%max ของค่าความแน่นเนื้อ ที่ได้จากการวัดความแน่นเนื้อด้วย เครื่องวัดมาตรฐาน

การวัดค่าความแน่นเนื้อของผลฝรั่ง ในการกดแต่ละครั้งจะได้กราฟแรงและการเปลี่ยนรูป (Force-Deformation Curve) ในการวิจัยผู้ทดลองได้เลือกการคำนวณค่าความแน่นเนื้อจากค่าความลาดชันของกราฟแรงและการเปลี่ยนรูป (Force-Deformation Curve) ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงกดสูงสุด เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงค่าความแน่นเนื้อจากเครื่องวัดมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.23 กราฟแรงและการเปลี่ยนรูปแสดงตำแหน่ง 30% ของแรงกดสูงสุด
ที่มา : ใจทิพย์ วานิชขิง(2553)

3.8.6 การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก(%Acidity)

(A.O.A.C., 2000)

$$\text{การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไตเตอร์ } x N \times n \times 100}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}} \quad (3.8)$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ $0.01N$

n = มิลลิอิควิวเลนต์ = 0.07 (กรดซิตริก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.7 การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับคุณภาพภายในของผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

- 3.8.7.1 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความกว้าง
- 3.8.7.2 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความยาว
- 3.8.7.3 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความสูง
- 3.8.7.4 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความเป็นทรงกลม
- 3.8.7.5 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับน้ำหนัก
- 3.8.7.6 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาตร
- 3.8.7.7 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความหนาแน่น
- 3.8.7.8 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าสี(L*)
- 3.8.7.9 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าสี(a*)
- 3.8.7.10 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าสี(b*)
- 3.8.7.11 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ Hue angle(H*)
- 3.8.7.12 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ Chroma(C*)
- 3.8.7.13 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS)
- 3.8.7.14 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาณกรดที่ไตเตรทได้(TA)
- 3.8.7.15 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความแน่นเนื่องจากเครื่องวัดมาตรฐาน(texture)

3.8.8 การสร้างสมการทำนายและการตรวจสอบความถูกต้องของสมการทำนาย

จากตัวอย่างทั้งหมด 37 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสร้างสมการทำนาย(calibration) และกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องของสมการทำนายที่สร้างขึ้น(prediction) เพื่อนำมาใช้ในการสร้างสมการทำนายค่าTSS, TA, และค่าความแน่นเนื้อ โดยที่ตัวอย่างในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องของสมการทำนายต้องเป็นอิสระกับตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มสร้างสมการ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะใช้วิธีทางสถิติ Multiple

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

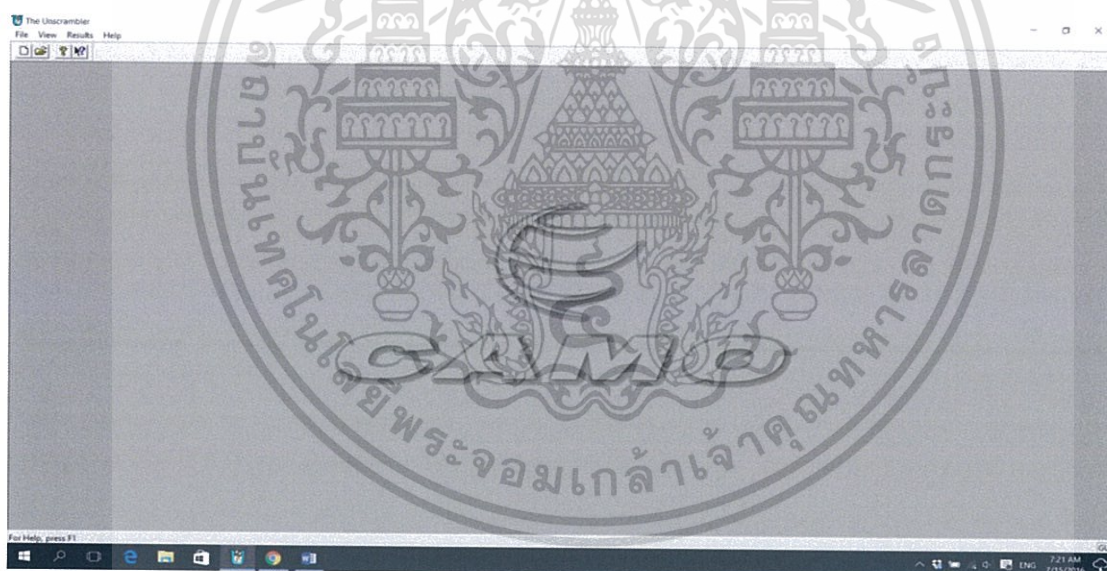
Linear Regression(MLR) สำหรับความเหมาะสมของสมการการทำนายที่สร้างขึ้น จะพิจารณาจากค่า correlation coefficient(R^2) และค่า RMSEC การตรวจสอบความแม่นยำของสมการทำนายที่สร้างขึ้นด้วยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจะพิจารณาจากค่า RMSEP สมการที่มีความแม่นยำมากควรที่จะมีค่า RMSEP ต่ำ (ภาควิชาสถิติ, 2549; Marquez *et al.*, 2005)

3.8.9 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

ด้วยโปรแกรม Unscrambler

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เป็นการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยนำตัวแปรอิสระ(X) มากกว่าหนึ่งตัวมาใช้ในการประเมินค่าตัวแปรตาม(Y) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Unscramble มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

3.8.9.1 เปิดโปรแกรม Unscrambler (ภาพที่ 3.24)



ภาพที่ 3.24 หน้าแรก

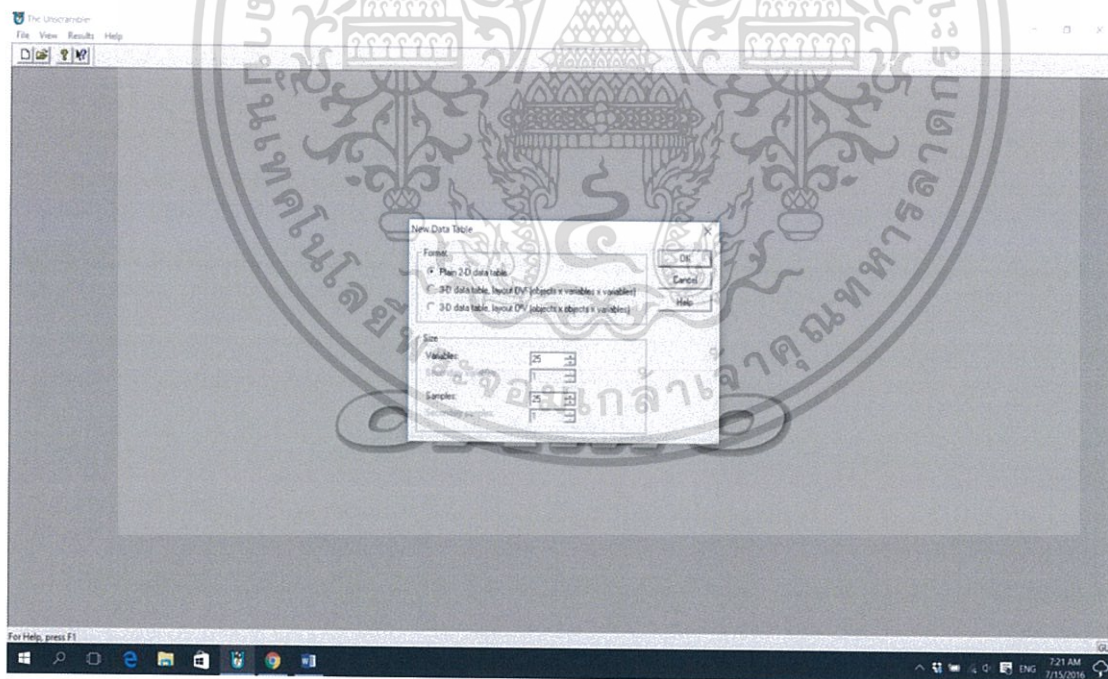
3.8.9.2 ไปที่ Tool bar เลือก File>New Data view (ภาพที่ 3.25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.25 การสร้างไฟล์ใหม่ที่จะใช้วางข้อมูล

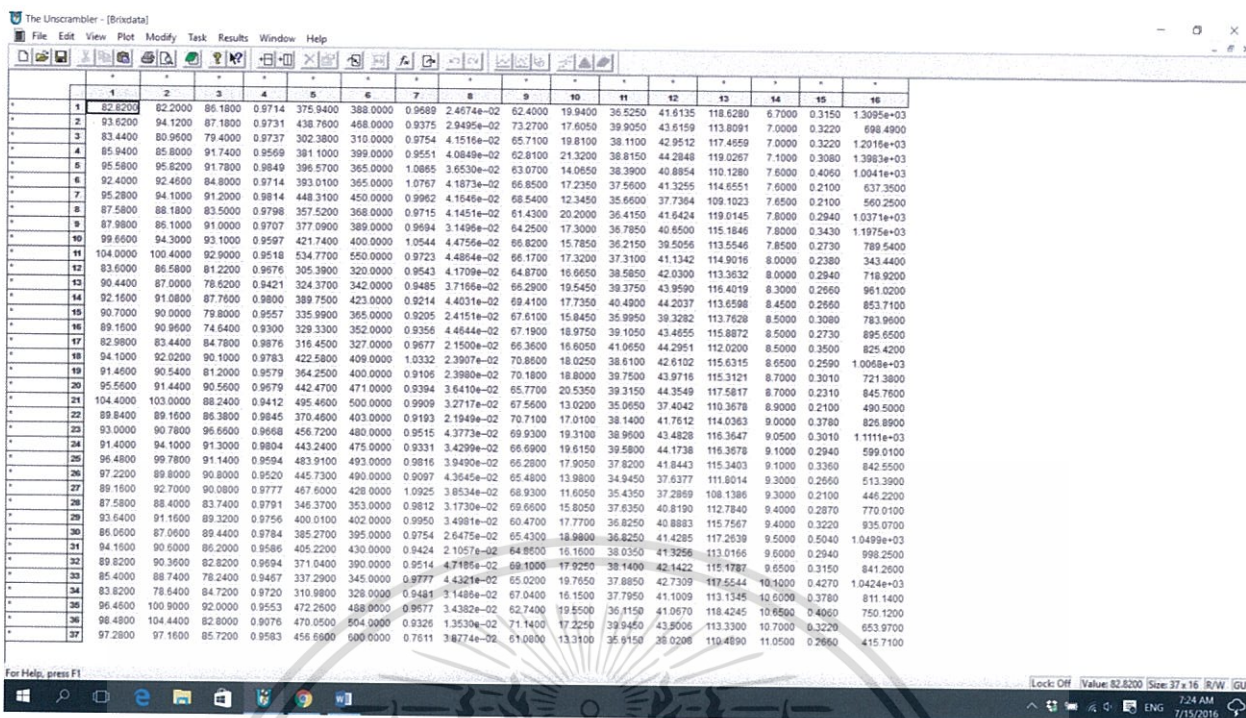
3.8.9.3 เลือกจำนวนแถวและหลักที่ต้องการวางข้อมูลลงไป (ในขั้นตอนนี้ทำ Calibration ทำนายผลก่อน) ภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 เลือกจำนวนแถวและหลักที่ต้องการวางข้อมูล

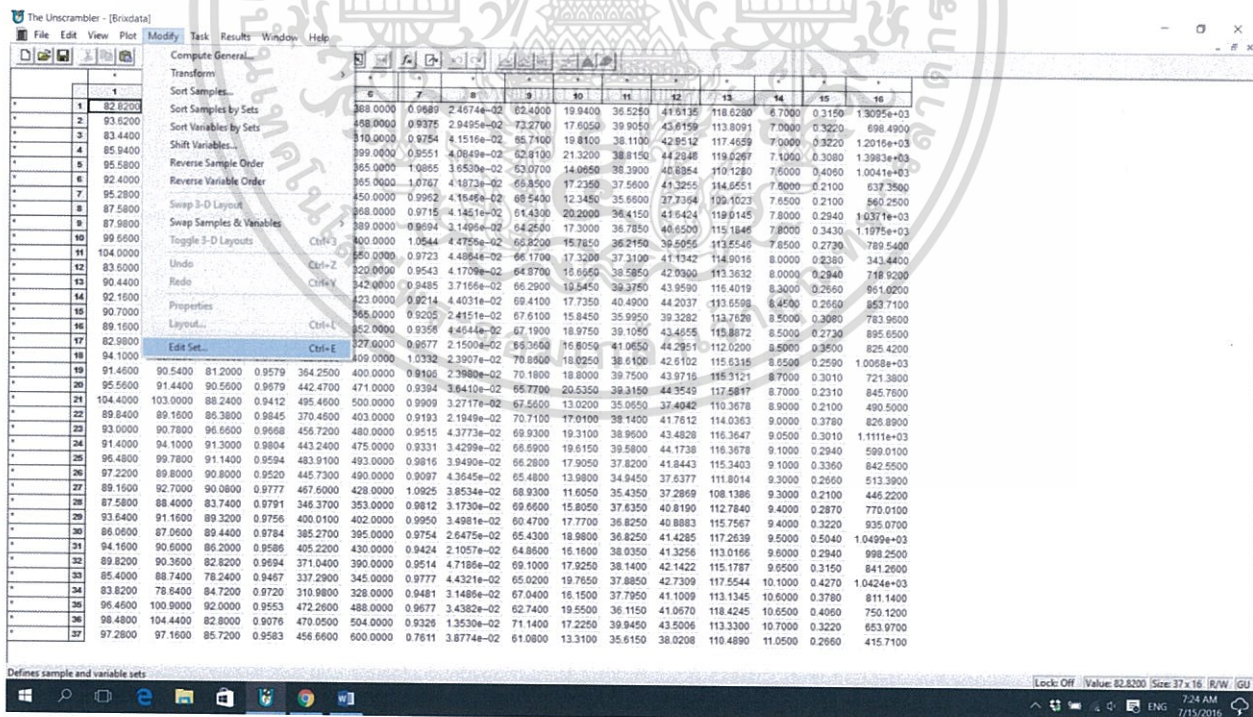
3.8.9.4 ทำการวางข้อมูลกลุ่มตัวแปรต้น และตัวแปรตามลงไป (ภาพที่ 3.27)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.27 วางข้อมูลกลุ่มตัวแปรต้น และตัวแปรตาม

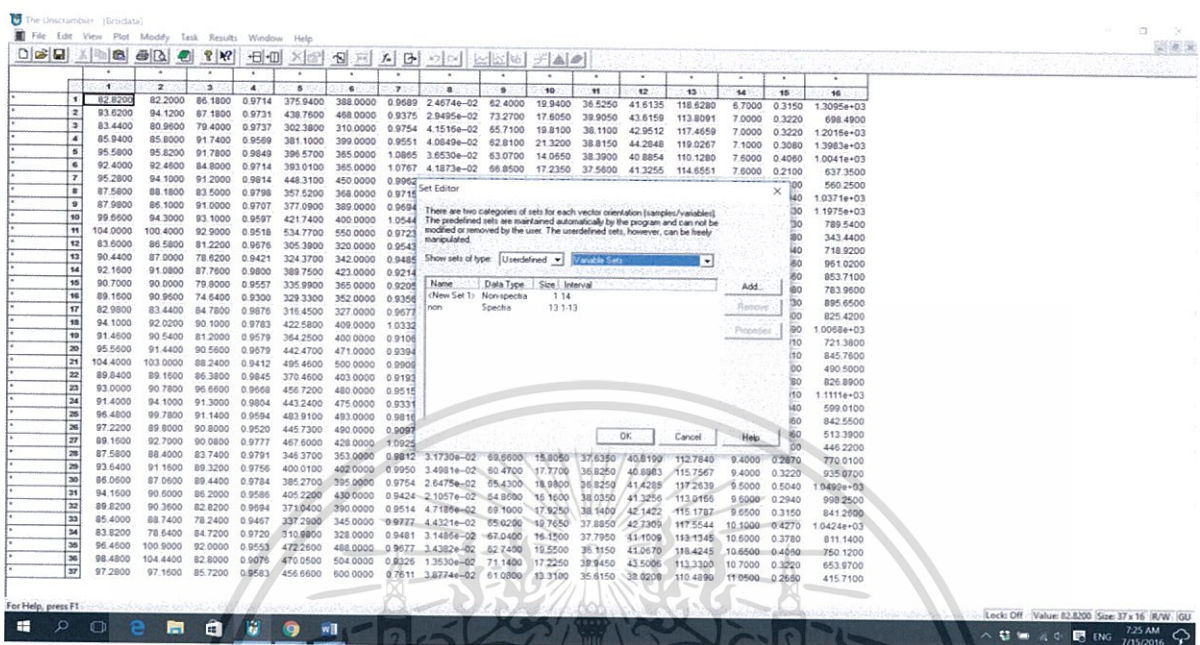
3.8.9.5 ไปที่ Tool bar เลือก Modify > Edit Set (ภาพที่ 3.28)



ภาพที่ 3.28 การตั้งค่าตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ

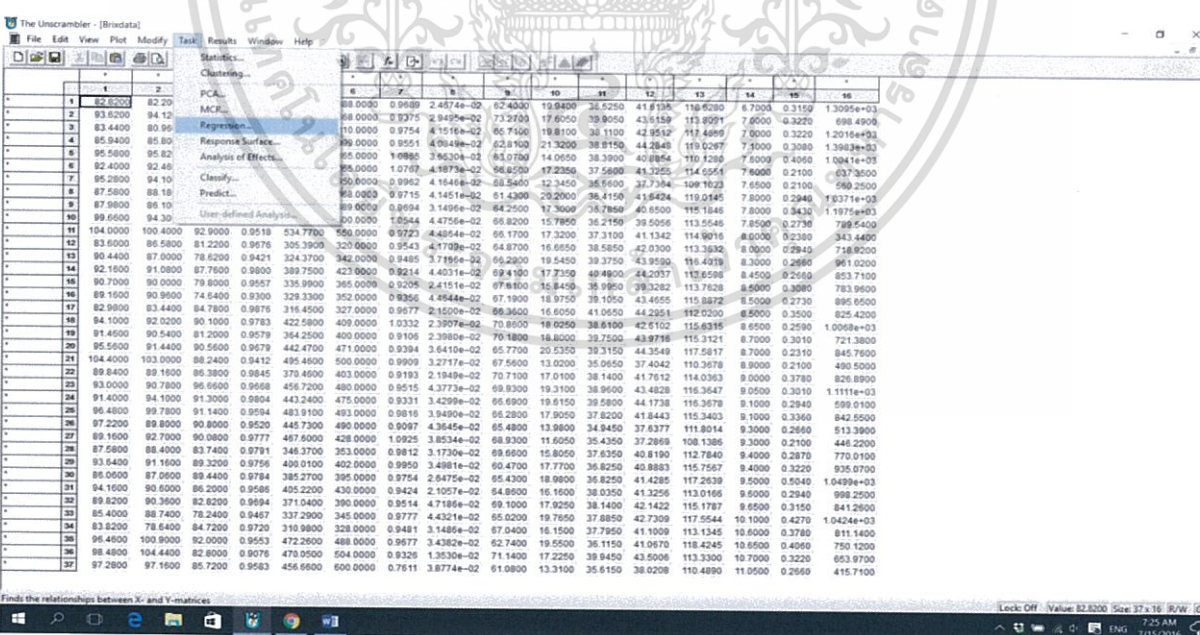
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.6 ตั้งค่ากลุ่มตัวแปร Variable Sets ในที่นี้คือ กลุ่มตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ (ภาพที่ 3.29)



ภาพที่ 3.29 การตั้งค่าตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ

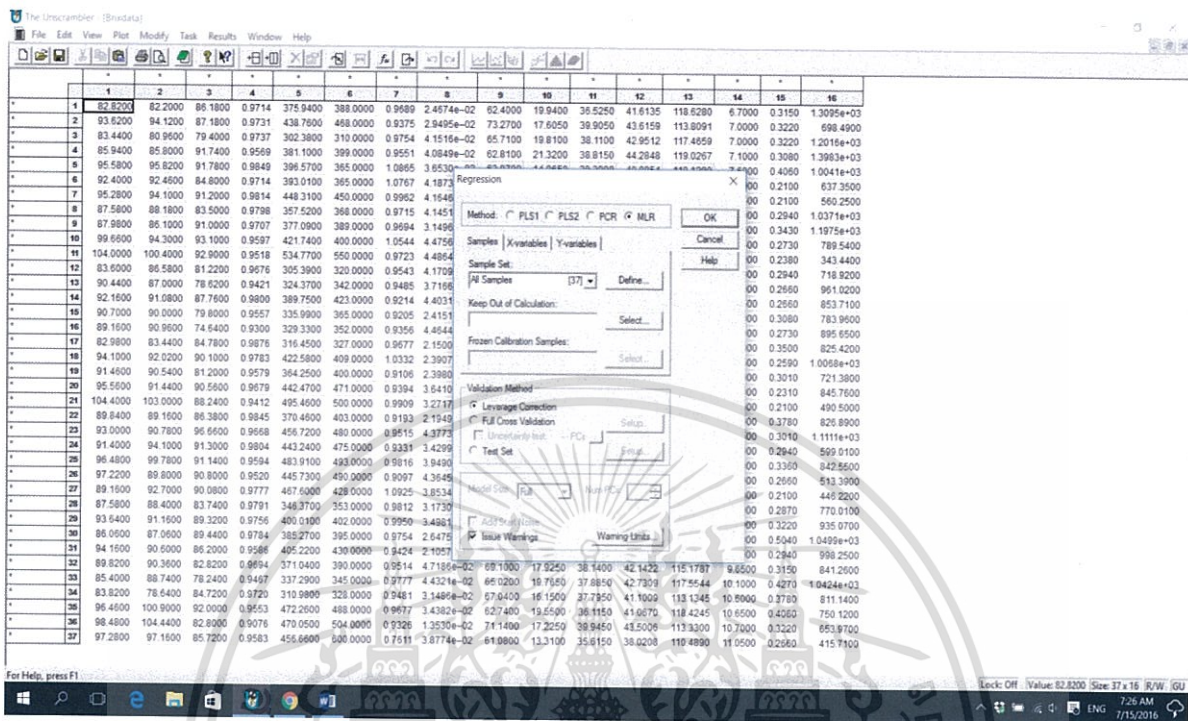
3.8.9.7 ไปที่ Tool bar เลือก Task > Regression (ภาพที่ 3.30)



ภาพที่ 3.30 เลือกการวิเคราะห์ผล

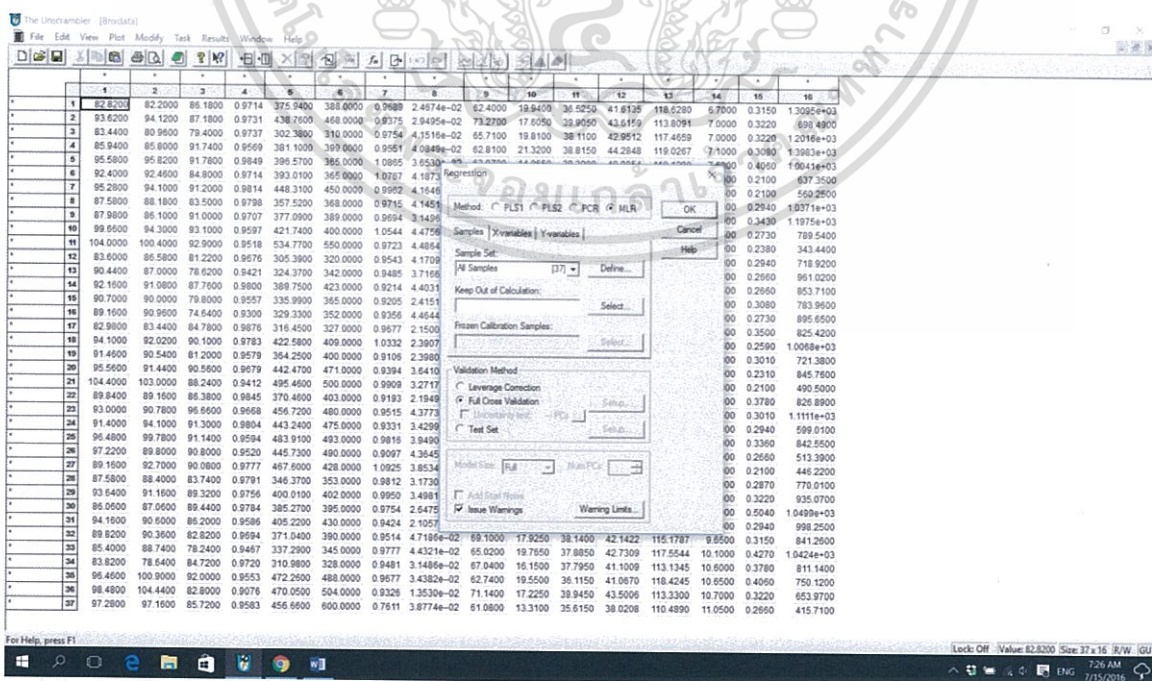
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.8 ในกลุ่ม Method เลือกวิธีการทำนายแบบ MLR (Multiple Linear Regression) ภาพที่ 3.31



ภาพที่ 3.30 การเลือกวิธีการวิเคราะห์ผล

3.8.9.9 ในกลุ่ม Validation Method เลือก Full Cross Validation (ภาพที่ 3.31)



ภาพที่ 3.31 เลือกการทำนายผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.10 เลือกชนิดของตัวแปรโดยใน Samples เลือกตัวแปรทั้งหมด (ภาพที่ 3.32)

The screenshot shows the 'The Unscrambler (Biosdata)' software interface. A data table with 16 columns and 37 rows is visible. A dialog box is open, showing the 'Method' section with 'PLS1', 'PLS2', 'PCR', and 'MLR' options. The 'Sample Set' dropdown is set to 'All Samples'. The 'Validation Method' section has 'Leverage Correction' and 'Full Cross Validation' options. The 'Model Size' dropdown is set to 'Full'. The 'Issue Warnings' checkbox is checked.

ภาพที่ 3.32 เลือกชนิดของตัวแปรในการทำนาย

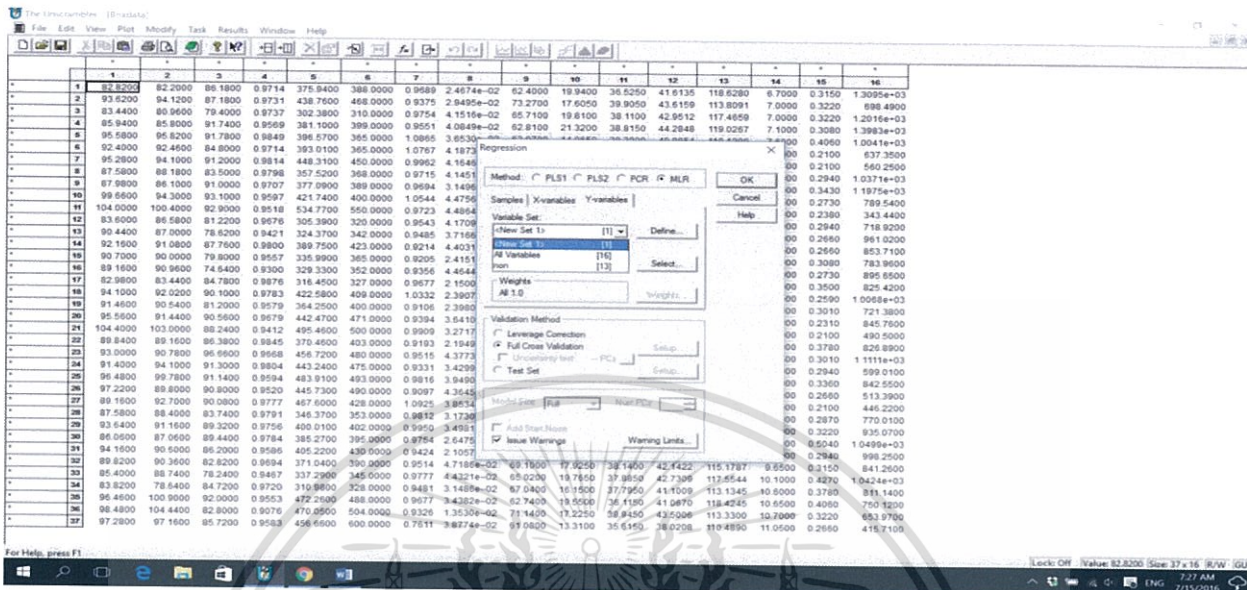
3.8.9.11 ใน X-variables เลือกกลุ่มตัวแปรต้น (ภาพที่ 3.33)

The screenshot shows the 'The Unscrambler (Biosdata)' software interface. A data table with 16 columns and 37 rows is visible. A dialog box is open, showing the 'Method' section with 'PLS1', 'PLS2', 'PCR', and 'MLR' options. The 'Variable Set' dropdown is set to 'All Variables'. The 'Validation Method' section has 'Leverage Correction' and 'Full Cross Validation' options. The 'Model Size' dropdown is set to 'Full'. The 'Issue Warnings' checkbox is checked.

ภาพที่ 3.33 เลือกกลุ่มตัวแปรต้นที่จะใช้ในการทำนาย

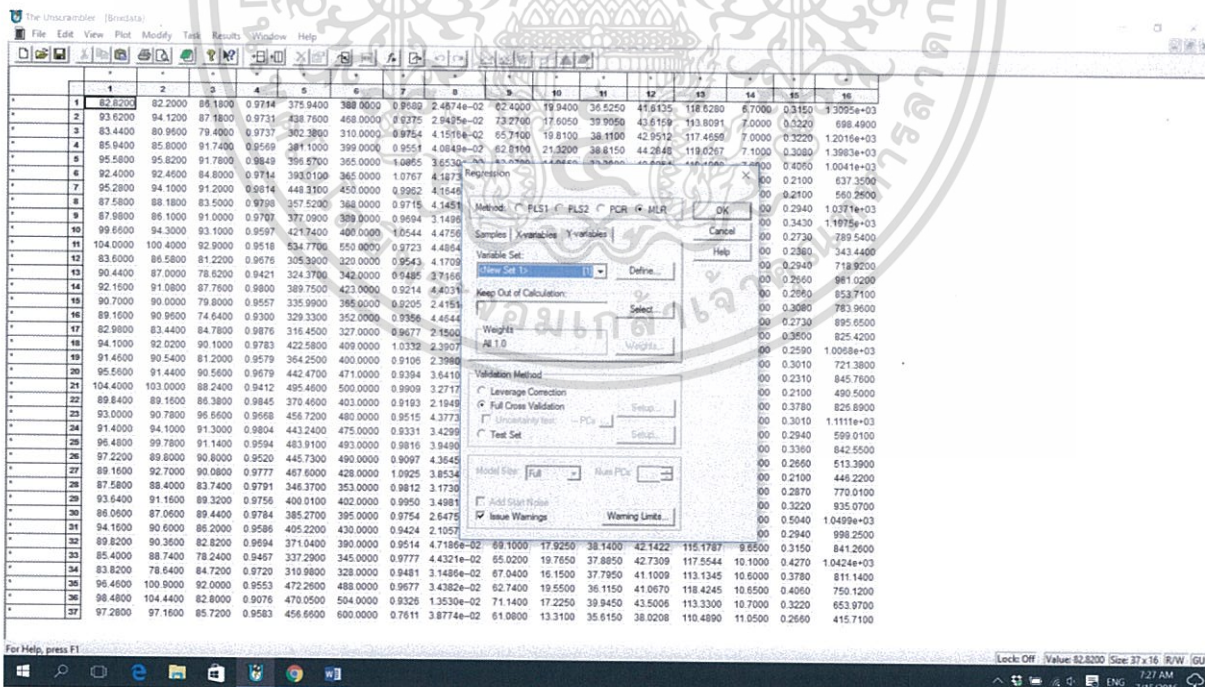
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.12 ใน Y-variables เลือกรุ่นตัวแปรอิสระที่สนใจ ในที่นี้เลือก %Brix (ภาพที่ 3.34)



ภาพที่ 3.34 เลือกรุ่นตัวแปรอิสระที่สนใจ

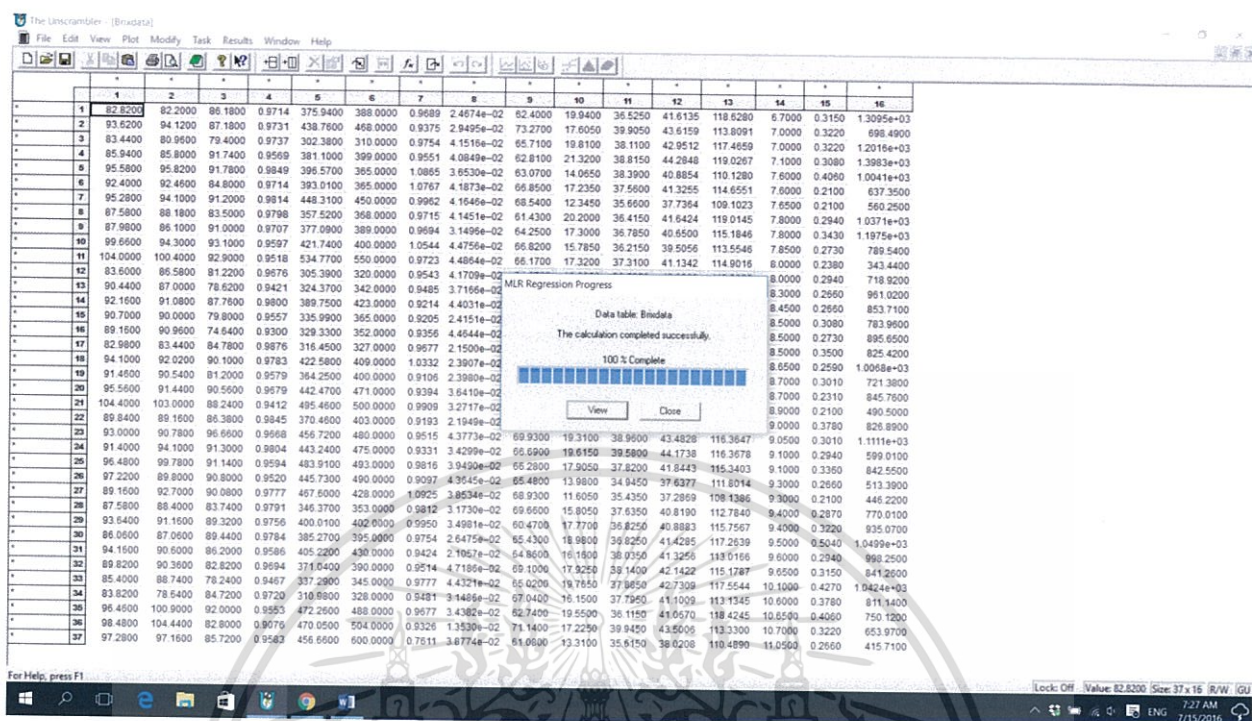
3.8.9.13 กด OK (ภาพที่ 3.35)



ภาพที่ 3.35 กด OK เพื่อดำเนินการวิเคราะห์

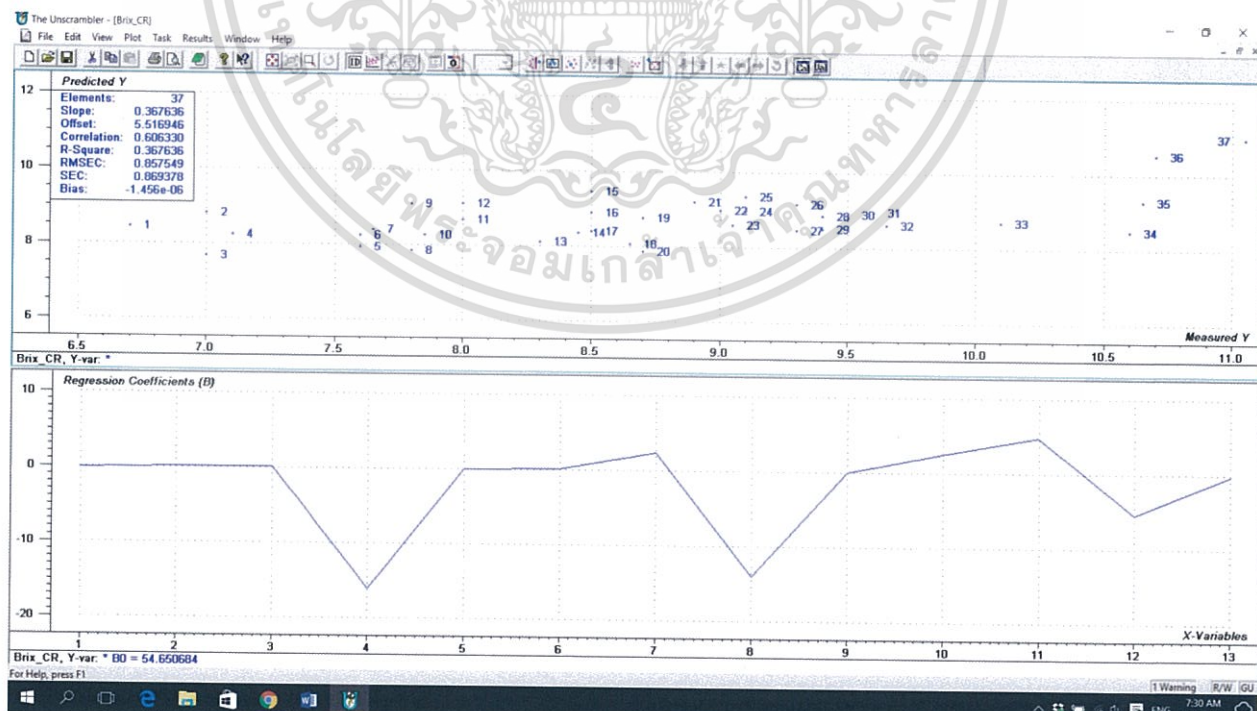
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.14 กด View (ภาพที่ 3.36)



ภาพที่ 3.36 กด View เพื่อจะดูผลการวิเคราะห์

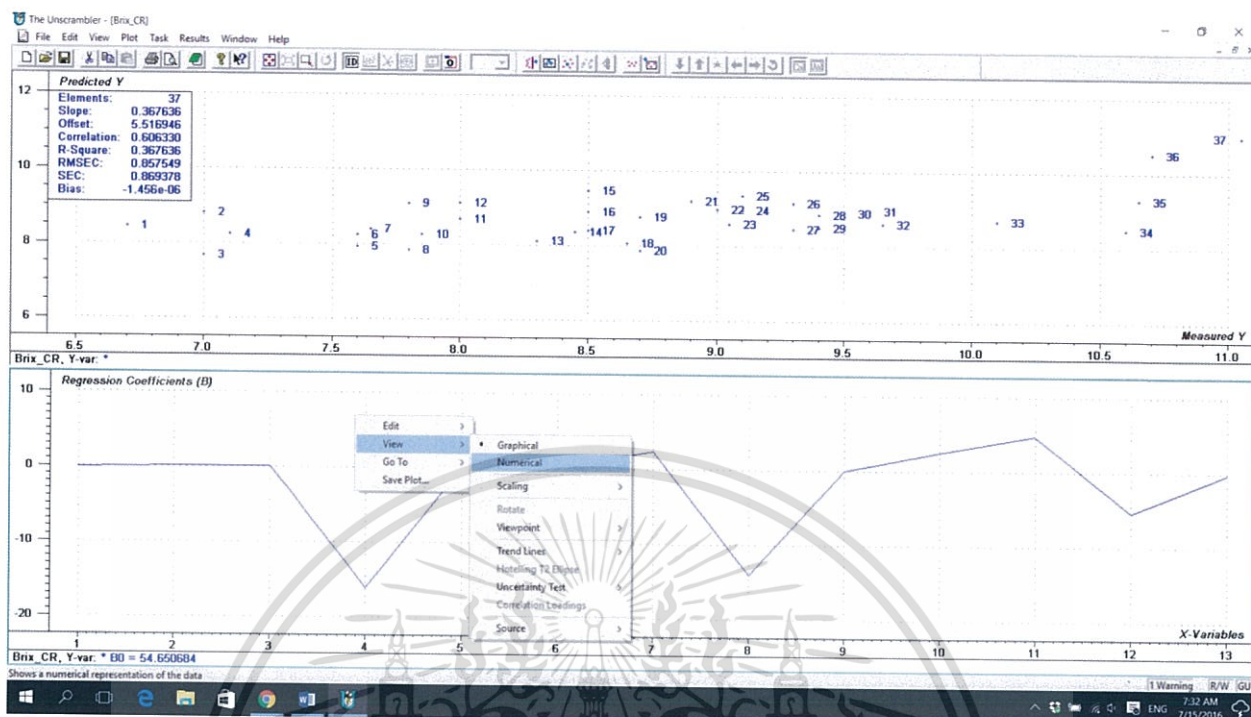
3.8.9.15 โปรแกรมแสดงผลการ Calibration และข้อมูลตัวแปร (ภาพที่ 3.37)



ภาพที่ 3.37 หน้าจอแสดงผลการ Calibration และข้อมูลตัวแปร

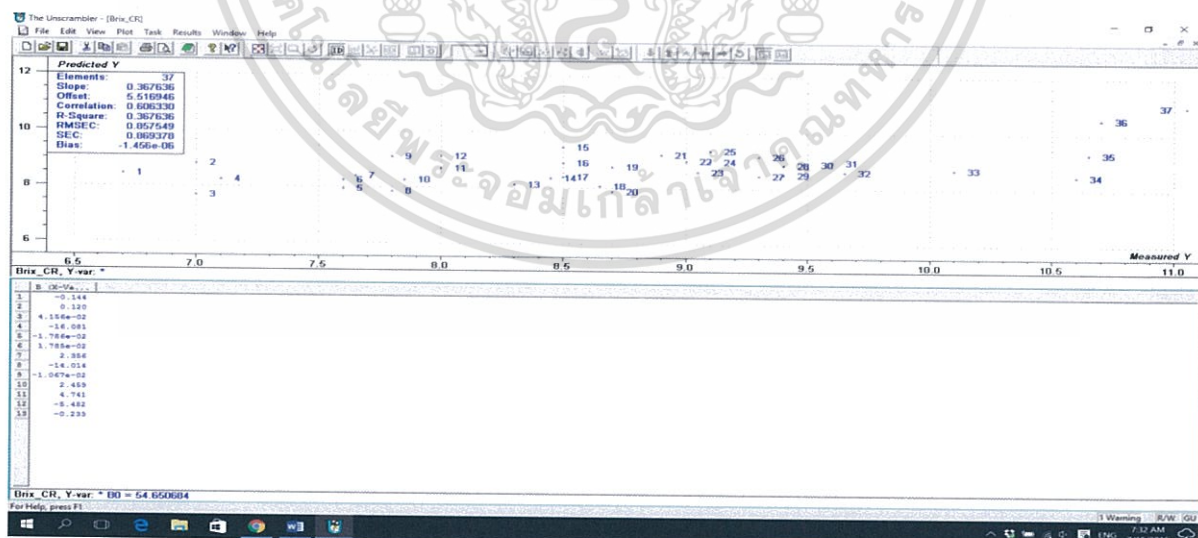
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.16 ในช่อง Coefficients คลิกขวา View > Numerical (ภาพที่ 3.38)



ภาพที่ 3.38 ตรวจสอบสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรต้นเพื่อนำไปสร้าง calibration model

3.8.9.17 ได้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น นำไปเขียนเป็นสมการ Calibration (ภาพที่ 3.39)



ภาพที่ 3.39 ได้สัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น เพื่อนำไปเขียนเป็น calibration model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.18 ทำตามหัวข้อที่ 3.8.8.1 – 3.8.8.4 ในขั้นตอนนี้จะทำการทำนายตัวแปรในกลุ่มของ prediction (ภาพที่ 3.40)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	82.2000	82.2000	86.1800	0.9714	375.9400	388.0000	0.9989	2.4674e-02	62.4000	19.9400	36.5250	41.6135	118.6280	6.7000	0.3150	1.2095e+03
2	83.4400	80.9600	79.4000	0.9737	202.3800	310.0000	0.9754	4.1518e-02	85.7100	19.8100	38.1100	42.9512	117.4659	7.0000	0.3220	1.2016e+03
3	95.5800	95.8200	91.7800	0.9848	396.5700	365.0000	1.0865	3.6530e-02	83.0700	14.0650	38.3900	40.8854	110.1280	7.6000	0.4060	1.0041e+03
4	95.2800	94.1000	91.2000	0.9814	448.3100	450.0000	0.9962	4.1846e-02	68.5400	12.3450	35.6600	37.7364	109.1023	7.6500	0.2100	560.2500
5	87.9800	86.1000	91.0000	0.9707	377.0900	389.0000	0.9694	3.1496e-02	64.2500	17.3000	36.7850	40.6500	115.1846	8.0000	0.3430	343.4400
6	104.0000	100.4000	92.9000	0.9518	534.7700	550.0000	0.9723	4.4864e-02	66.1700	17.3200	37.3100	41.1342	114.9016	8.0000	0.2380	343.4400
7	90.4400	87.0000	78.2000	0.9421	324.3700	342.0000	0.9485	3.7166e-02	65.2900	19.5450	39.3750	43.9590	116.4019	8.3000	0.2690	961.0200
8	90.7000	90.0000	79.8000	0.9557	335.9900	366.0000	0.9295	2.1515e-02	67.6100	15.8450	35.9950	39.3282	113.7628	8.5000	0.3080	783.9900
9	82.9800	83.4400	84.7800	0.9876	316.4500	327.0000	0.9677	2.1500e-02	65.3600	16.8050	36.8050	41.0950	112.0200	8.5000	0.3500	825.4200
10	94.1000	92.0200	90.1000	0.9783	422.5800	409.0000	1.0332	2.3907e-02	70.8600	18.0250	38.6100	42.6102	115.6315	8.6500	0.2590	1.0068e+03
11	91.4600	90.5400	81.2000	0.9579	364.2500	400.0000	0.9106	2.3980e-02	70.1800	18.8000	39.7500	43.9716	115.3121	8.7000	0.3010	721.3800
12	104.0000	103.0000	88.2400	0.9412	495.4600	500.0000	0.9909	3.2717e-02	67.5600	13.0200	35.0650	37.4042	110.3678	8.9000	0.2100	490.5000
13	93.0000	90.7800	96.6500	0.9568	456.7200	480.0000	0.9515	4.3773e-02	66.2800	17.9050	37.8200	41.8443	115.3403	9.1000	0.3360	842.5500
14	96.4800	99.7800	91.1400	0.9594	483.9100	493.0000	0.9816	3.8490e-02	68.9300	19.3100	38.9600	43.4828	116.3647	9.0500	0.3010	1.1111e+03
15	89.1600	92.7000	90.9800	0.9777	467.8000	428.0000	1.0925	3.8534e-02	68.9300	11.6050	35.4350	37.2869	109.1386	9.3000	0.2100	446.2200
16	93.6400	91.1600	89.3200	0.9756	400.0100	402.0000	0.9950	3.4981e-02	66.4700	17.7700	36.8250	40.8883	115.7567	9.4000	0.3220	835.0700
17	94.1600	90.8000	96.2000	0.9586	405.2200	430.0000	0.9424	2.1057e-02	64.8600	16.1600	38.0350	41.3256	113.0166	9.6000	0.2940	996.2500
18	85.4000	88.7400	78.2400	0.9487	337.2900	345.0000	0.9777	4.4321e-02	65.0200	19.7650	37.8850	42.7309	117.5544	10.1000	0.4270	1.0424e+03
19	96.4600	100.9000	92.0000	0.9553	472.2600	488.0000	0.9677	3.4320e-02	62.7400	18.5500	36.1150	41.0670	118.4245	10.6500	0.4060	750.1200
20	87.2800	87.1600	85.7200	0.9583	456.8600	600.0000	0.7611	3.8774e-02	61.0800	13.3100	35.6150	38.0208	110.4890	11.0500	0.2660	415.7100

ภาพที่ 3.40 การทำนายตัวแปรในกลุ่มของ prediction

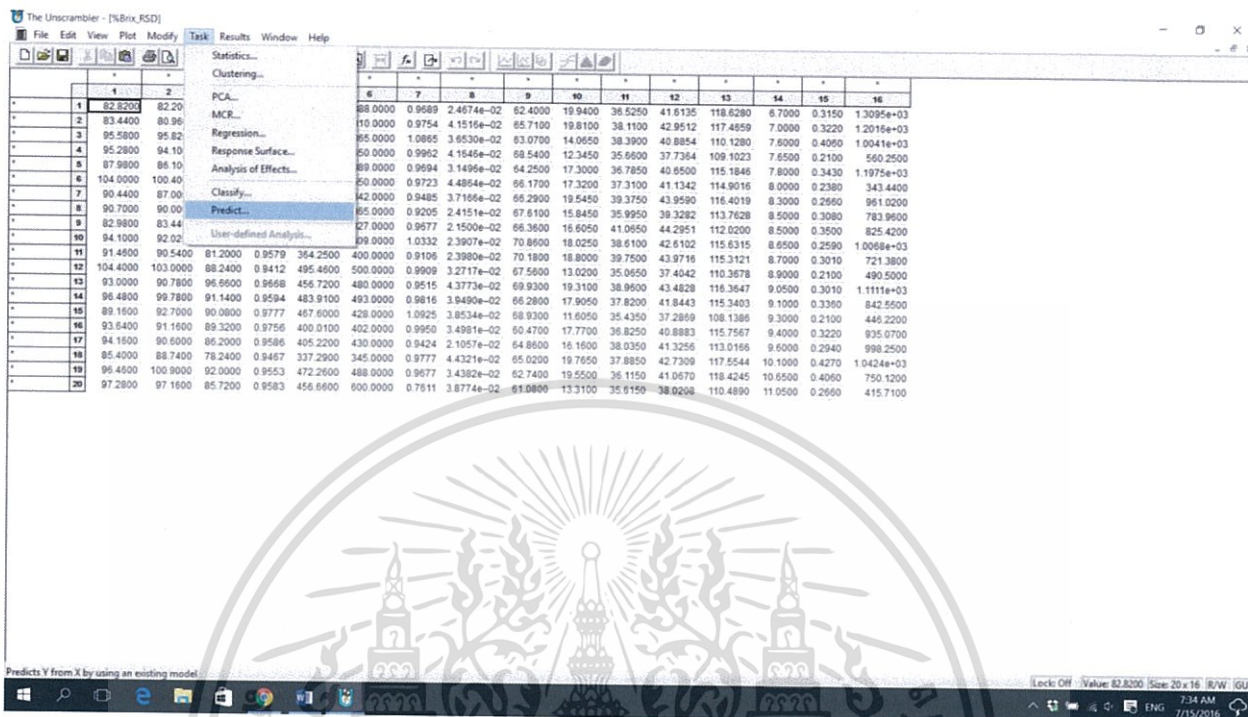
3.8.9.19 ไปที่ Tool bar คลิก Modify > Edit Set (ต่อไปทำการตั้งค่าตัวแปรตามหัวข้อที่ 3.8.8.6 – 3.8.8.7) ภาพที่ 3.41

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	82.2000	82.2000	86.1800	0.9714	375.9400	388.0000	0.9989	2.4674e-02	62.4000	19.9400	36.5250	41.6135	118.6280	6.7000	0.3150	1.2095e+03
2	83.4400	80.9600	79.4000	0.9737	202.3800	310.0000	0.9754	4.1518e-02	85.7100	19.8100	38.1100	42.9512	117.4659	7.0000	0.3220	1.2016e+03
3	95.5800	95.8200	91.7800	0.9848	396.5700	365.0000	1.0865	3.6530e-02	83.0700	14.0650	38.3900	40.8854	110.1280	7.6000	0.4060	1.0041e+03
4	95.2800	94.1000	91.2000	0.9814	448.3100	450.0000	0.9962	4.1846e-02	68.5400	12.3450	35.6600	37.7364	109.1023	7.6500	0.2100	560.2500
5	87.9800	86.1000	91.0000	0.9707	377.0900	389.0000	0.9694	3.1496e-02	64.2500	17.3000	36.7850	40.6500	115.1846	8.0000	0.3430	343.4400
6	104.0000	100.4000	92.9000	0.9518	534.7700	550.0000	0.9723	4.4864e-02	66.1700	17.3200	37.3100	41.1342	114.9016	8.0000	0.2380	343.4400
7	90.4400	87.0000	78.2000	0.9421	324.3700	342.0000	0.9485	3.7166e-02	65.2900	19.5450	39.3750	43.9590	116.4019	8.3000	0.2690	961.0200
8	90.7000	90.0000	79.8000	0.9557	335.9900	366.0000	0.9295	2.1515e-02	67.6100	15.8450	35.9950	39.3282	113.7628	8.5000	0.3080	783.9900
9	82.9800	83.4400	84.7800	0.9876	316.4500	327.0000	0.9677	2.1500e-02	65.3600	16.8050	36.8050	41.0950	112.0200	8.5000	0.3500	825.4200
10	94.1000	92.0200	90.1000	0.9783	422.5800	409.0000	1.0332	2.3907e-02	70.8600	18.0250	38.6100	42.6102	115.6315	8.6500	0.2590	1.0068e+03
11	91.4600	90.5400	81.2000	0.9579	364.2500	400.0000	0.9106	2.3980e-02	70.1800	18.8000	39.7500	43.9716	115.3121	8.7000	0.3010	721.3800
12	104.0000	103.0000	88.2400	0.9412	495.4600	500.0000	0.9909	3.2717e-02	67.5600	13.0200	35.0650	37.4042	110.3678	8.9000	0.2100	490.5000
13	93.0000	90.7800	96.6500	0.9568	456.7200	480.0000	0.9515	4.3773e-02	66.2800	17.9050	37.8200	41.8443	115.3403	9.1000	0.3360	842.5500
14	96.4800	99.7800	91.1400	0.9594	483.9100	493.0000	0.9816	3.8490e-02	68.9300	19.3100	38.9600	43.4828	116.3647	9.0500	0.3010	1.1111e+03
15	89.1600	92.7000	90.9800	0.9777	467.8000	428.0000	1.0925	3.8534e-02	68.9300	11.6050	35.4350	37.2869	109.1386	9.3000	0.2100	446.2200
16	93.6400	91.1600	89.3200	0.9756	400.0100	402.0000	0.9950	3.4981e-02	66.4700	17.7700	36.8250	40.8883	115.7567	9.4000	0.3220	835.0700
17	94.1600	90.8000	96.2000	0.9586	405.2200	430.0000	0.9424	2.1057e-02	64.8600	16.1600	38.0350	41.3256	113.0166	9.6000	0.2940	996.2500
18	85.4000	88.7400	78.2400	0.9487	337.2900	345.0000	0.9777	4.4321e-02	65.0200	19.7650	37.8850	42.7309	117.5544	10.1000	0.4270	1.0424e+03
19	96.4600	100.9000	92.0000	0.9553	472.2600	488.0000	0.9677	3.4320e-02	62.7400	18.5500	36.1150	41.0670	118.4245	10.6500	0.4060	750.1200
20	87.2800	87.1600	85.7200	0.9583	456.8600	600.0000	0.7611	3.8774e-02	61.0800	13.3100	35.6150	38.0208	110.4890	11.0500	0.2660	415.7100

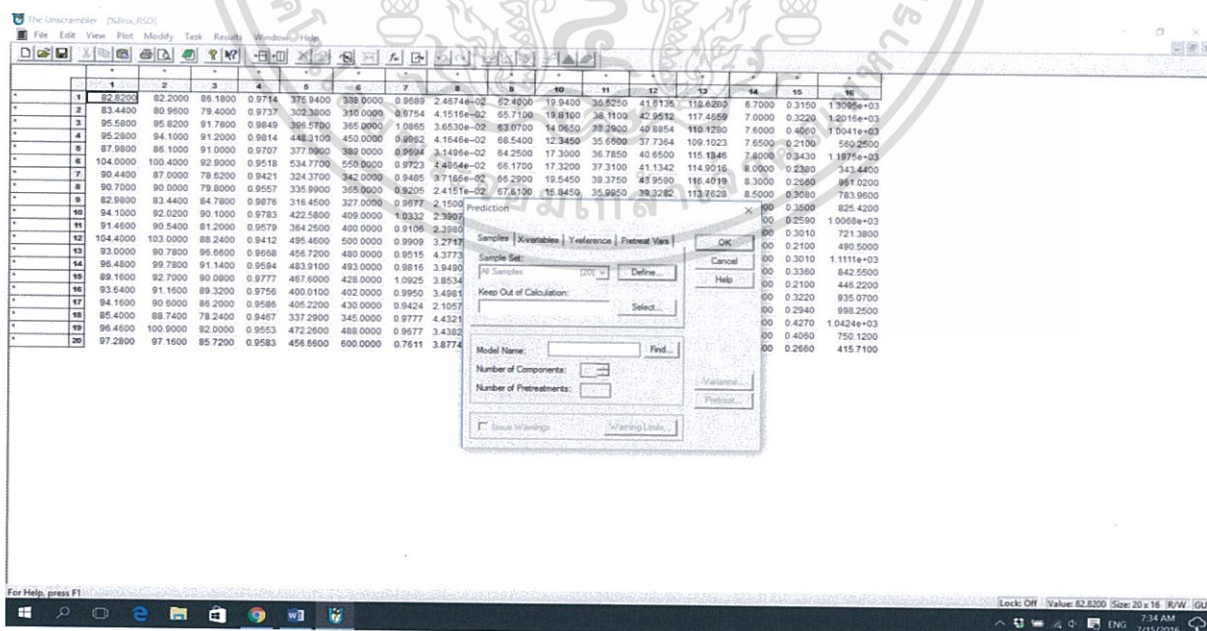
ภาพที่ 3.41 ตั้งค่าตัวแปรที่จะใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.20 ไปที่ Tool bar คลิก Task > Predict (ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำนายผล
ด้วยสมการ calibration) ภาพที่ 3.42



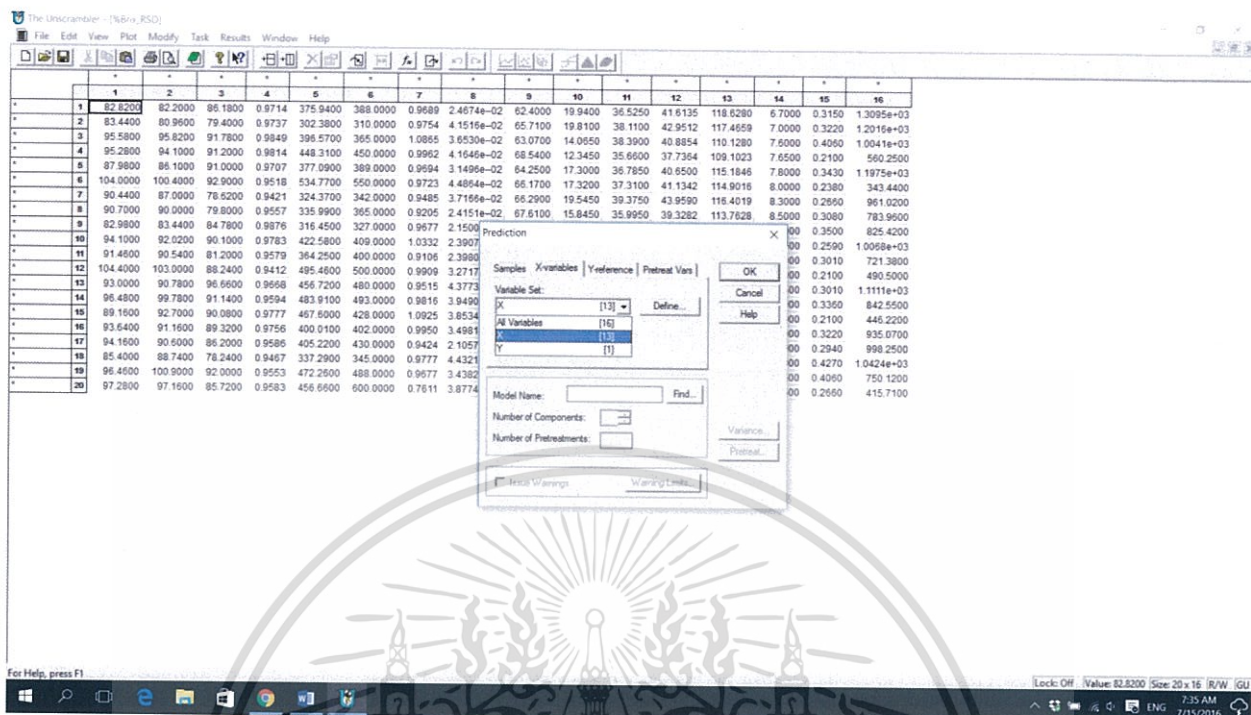
ภาพที่ 3.42 การทำนายผลของกลุ่ม prediction ด้วยสมการ calibration
3.8.9.21 ตั้งค่าตัวแปรทั้งหมดในกลุ่ม prediction (ภาพที่ 3.43)



ภาพที่ 3.43 การตั้งค่าตัวแปรทั้งหมดในกลุ่ม prediction

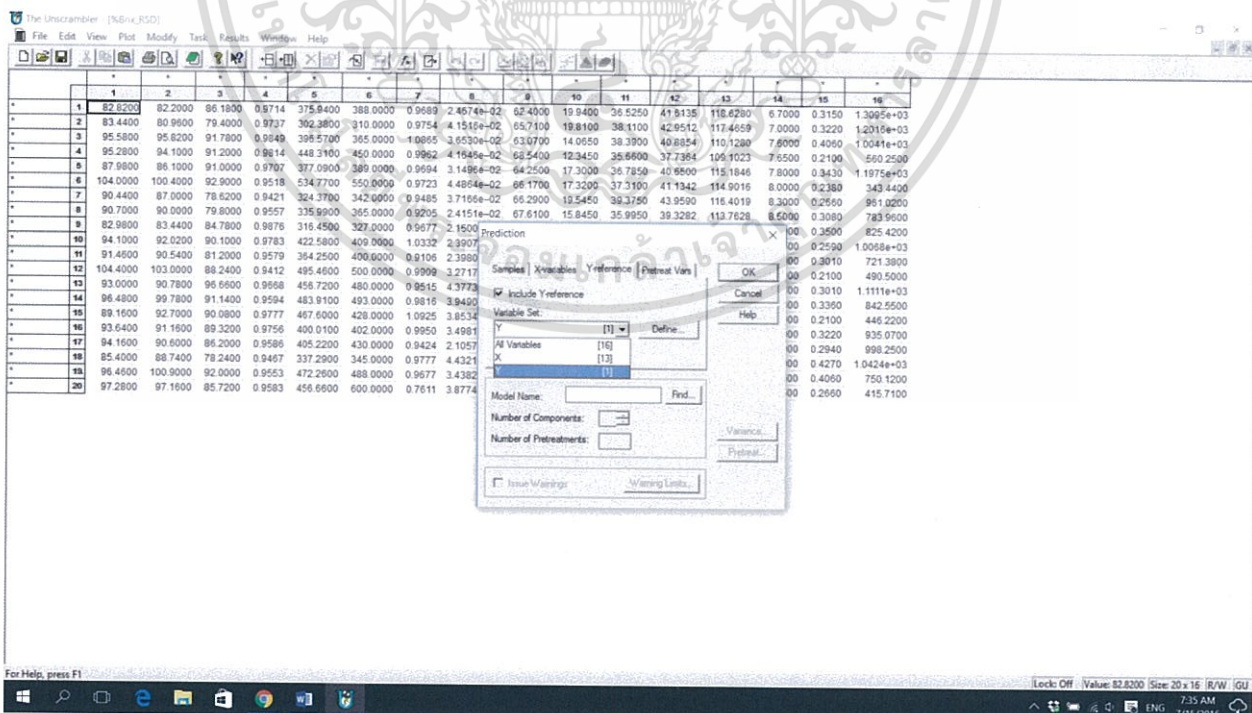
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.22 ตั้งค่า X-variables (ตัวแปรต้น) ภาพที่ 3.44



ภาพที่ 3.44 การตั้งค่าตัวแปรต้นหรือตัวแปรที่จะใช้ในการทำนาย

3.8.9.23 ตั้งค่า Y-reference (ตัวแปรอิสระ) ภาพที่ 3.45



ภาพที่ 3.45 การตั้งค่าตัวแปรตามหรือตัวแปรที่ต้องการทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.24 คลิก Find เลือกสมการ Calibration ในตัวแปรที่สนใจ ในที่นี้คือ %Brix (ภาพที่ 3.46)

The screenshot shows the Unscrambler software interface. A data table with 16 columns and 20 rows is visible. A 'Prediction' dialog box is open, showing 'Y' in the 'Variable Set' field. The 'Find' button is highlighted, indicating the selection of a calibration equation for %Brix.

ภาพที่ 3.46 เลือกตัวแปรตามที่ต้องการจะทำนาย

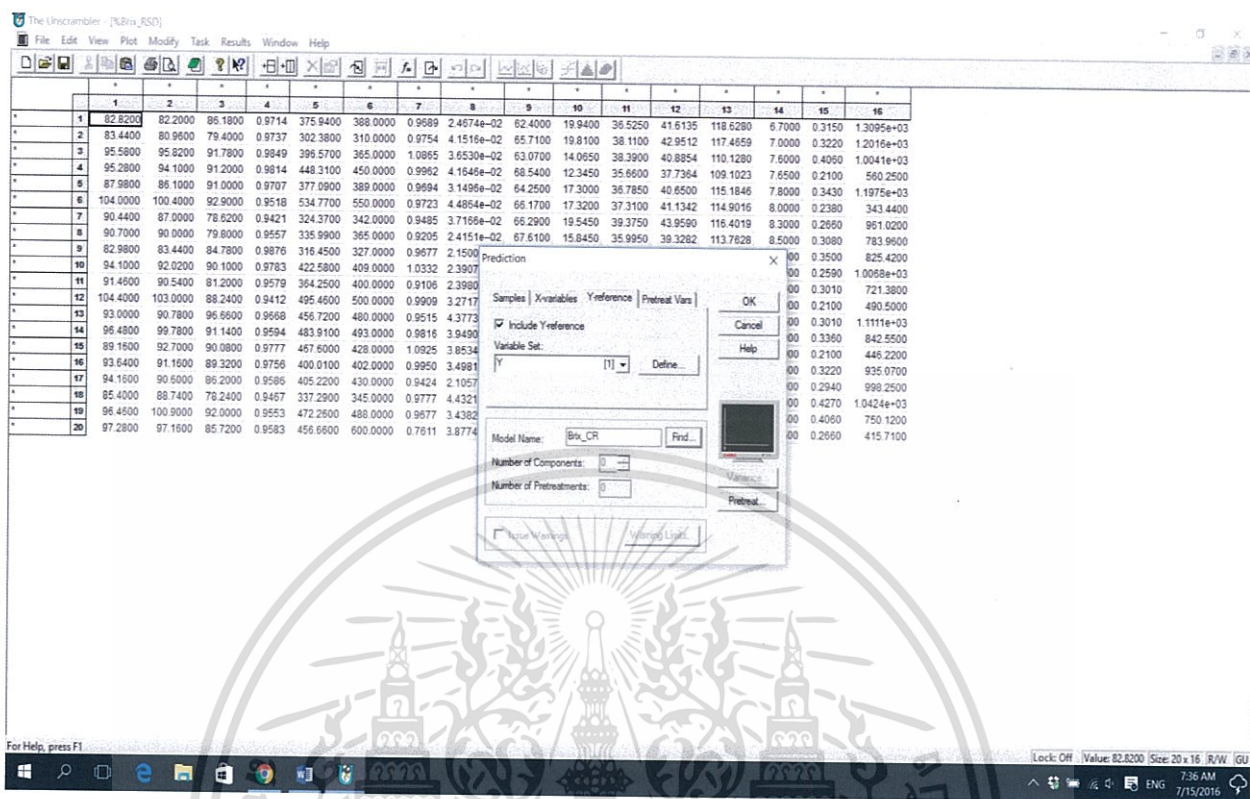
3.8.9.25 เลือก %Brix_CR (ภาพที่ 3.47)

The screenshot shows the Unscrambler software interface. A data table with 16 columns and 20 rows is visible. A dialog box titled 'Get Model with 13 X-Variables and 1 Y-Variables' is open. The 'File name' field is set to 'Brix_CR'. The 'Models of type' dropdown is set to 'All'. The 'Extracted' checkbox is checked.

ภาพที่ 3.47 เลือกสมการ calibration เพื่อที่จะใช้ในการทำนายตัวแปรตาม

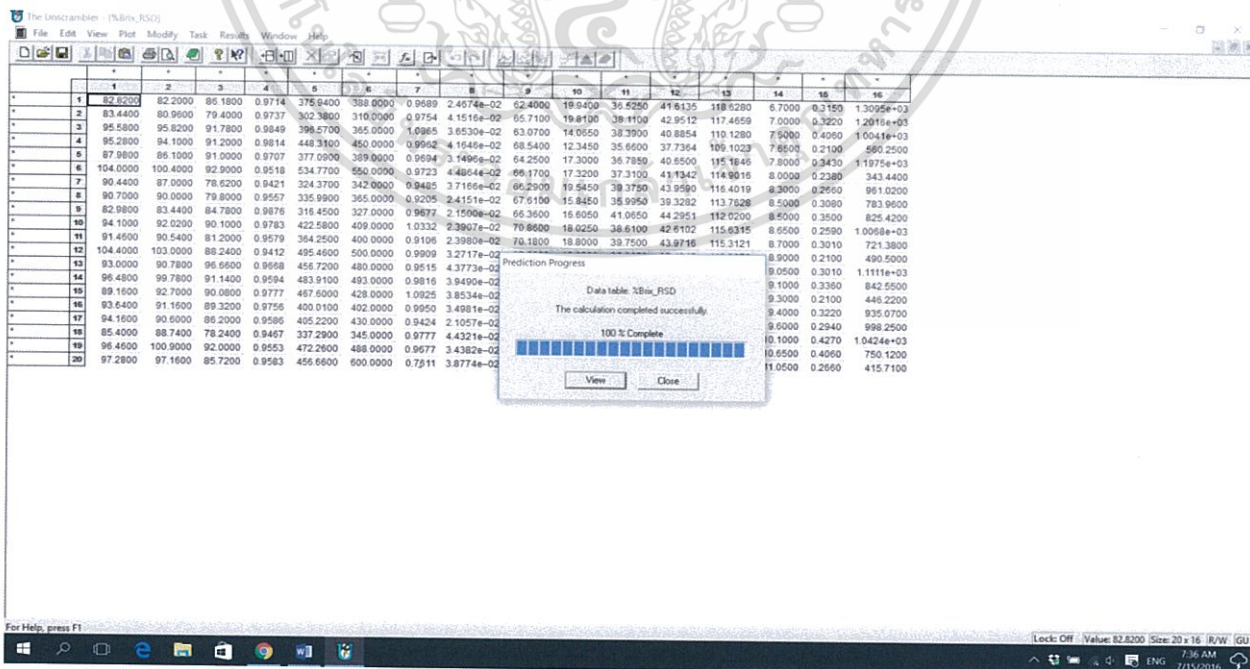
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.26 คคลิก OK (ภาพที่ 3.48)



ภาพที่ 3.48 ดำเนินการวิเคราะห์

3.8.9.27 คคลิก View (ภาพที่ 3.49)



ภาพที่ 3.49 กด View เพื่อจะดูข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

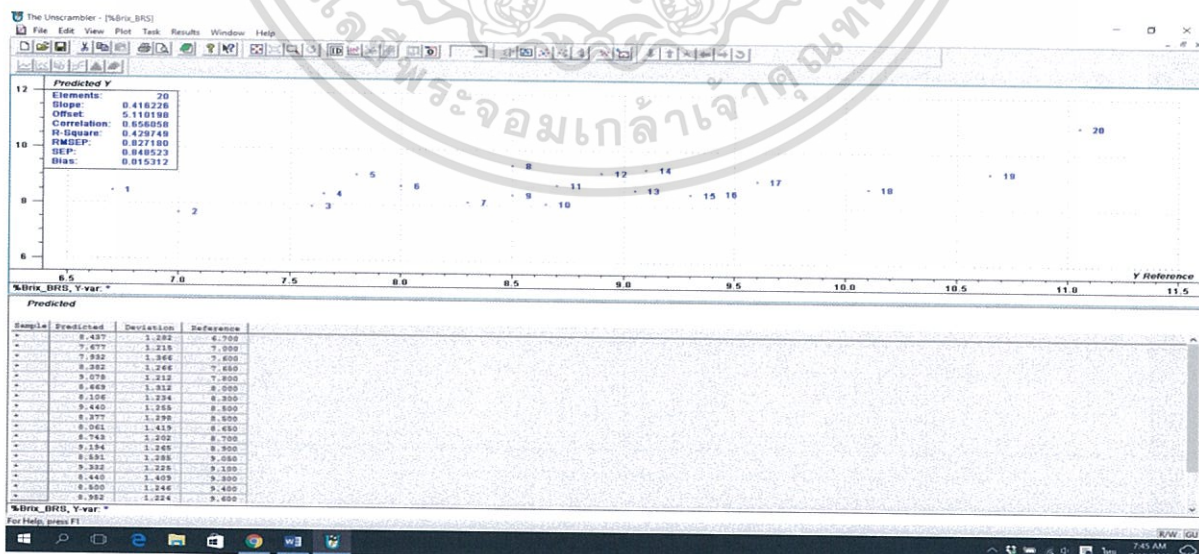
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.28 ในส่วนนี้ข้อมูลที่แสดง คือ ค่าทำนาย, ค่าจริง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ภาพที่ 3.50)



ภาพที่ 3.50 หน้าจอแสดงค่าทำนาย, ค่าจริง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการวิเคราะห์

3.8.9.29 ไปที่ Tool bar คลิก Plot > Prediction > Predicted vs Reference โปรแกรมจะแสดง ค่าการทำนายต่างๆรวมถึงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง Prediction และ Calibration (ภาพที่ 3.51)



ภาพที่ 3.51 หน้าจอแสดงผลค่าการทำนายต่างๆรวมถึงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง prediction

และ calibration เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.9.30 ทำการ Save ข้อมูล โดยไปที่ Tool Bar คลิก File > Save As > ตั้งชื่อไฟล์ที่ต้องการ ในที่นี้ตั้งว่า %Brix_BRS กด Save (ภาพที่ 3.52)

The screenshot displays the Unscrambler software interface. A 'Save As' dialog box is open, showing the file name '%Brix_BRS' and the file type 'Prediction'. The background shows a plot of 'Predicted Y' values (ranging from 6 to 12) against '%Brix_BRS, Y var.' (ranging from 6.5 to 11.5). Below the plot is a table with the following data:

Sample	Predicted	Deviation	Reference
1	9.497	1.283	8.790
2	9.977	1.115	9.090
3	7.992	1.366	7.600
4	9.992	1.266	7.690
5	9.978	1.212	7.800
6	9.449	1.912	8.000
7	9.106	1.234	8.300
8	9.440	1.255	8.500
9	9.277	1.290	8.500
10	8.061	1.419	6.650
11	8.749	1.202	8.700
12	9.194	1.245	8.900
13	8.591	1.289	9.090
14	9.292	1.226	8.100
15	8.440	1.409	8.300
16	8.500	1.248	9.490
17	9.992	1.224	9.600

ภาพที่ 3.52 การบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์การทำนายโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

4.1.1 การทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS)

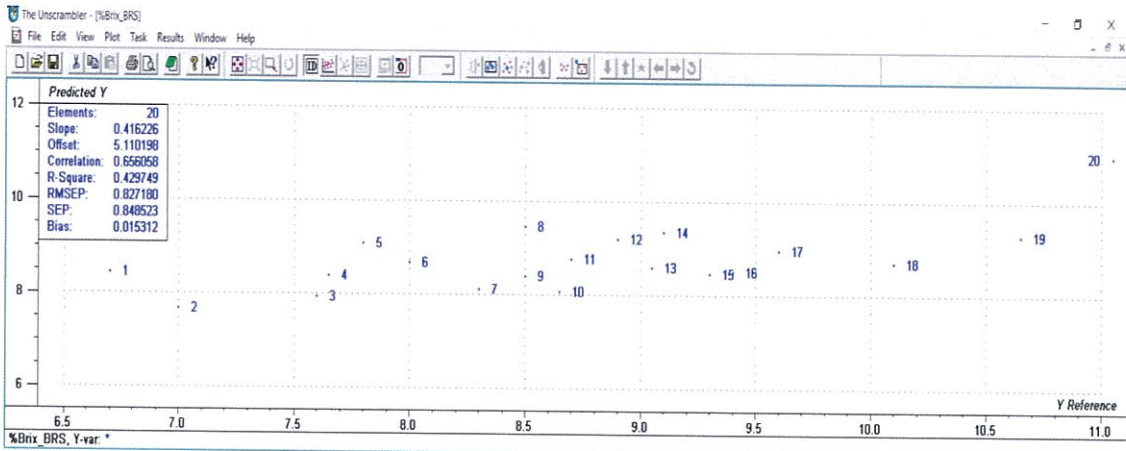
วิธีการหาสมการได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม calibration 37 ผล และกลุ่ม prediction 20 ผล จากทั้งหมด 37 ผล โดยกำหนดให้

ตัวแปรต้น : ความกว้าง (X_1) , ความยาว (X_2) , ความสูง (X_3) , ความเป็นทรงกลม (X_4) , น้ำหนัก (X_5) , ปริมาตร (X_6) , ความหนาแน่น (X_7) , สัญญาณเสียง (X_8) , L (X_9) , a (X_{10}) , b (X_{11}) , *C (X_{12}) , และ *H (X_{13}) ได้ calibration model ดังนี้

$$Y = -0.144X_1 + 0.120X_2 + 0.04156X_3 - 16.081X_4 - 0.01786X_5 + 0.01785X_6 + 2.356X_7 - 14.014X_8 - 0.01067X_9 + 2.459X_{10} + 4.741X_{11} - 5.482X_{12} - 0.233X_{13} \quad (4.1)$$

จากการสร้างสมการพบว่าค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.36 ไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าสมการประมาณค่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้น้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า(RMSEC) เท่ากับ 0.85 แสดงให้เห็นว่าสมการที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณสูง

เมื่อนำข้อมูลในส่วน prediction มาแทนค่าใน calibration model เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการทำนายค่า TSS แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดได้ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(R^2) โดยอธิบายผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่า TSS และในการเปรียบเทียบพบว่าค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.43 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.83 แสดงว่าสมการที่ใช้ทำนายค่าTSS มีความแม่นยำต่ำมาก เนื่องจากมีค่า RMSEP ที่สูง ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่า TSS โดยได้ค่า

$R^2 = 0.43$, $RMSEP = 0.82$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ model ได้แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุด คือ ค่าความเป็นทรงกลม

4.1.2 การทำนายปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (titratable acidity, TA)

วิธีการหาสมการได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม calibration 37 ผล และกลุ่ม prediction 20 ผล จากทั้งหมด 37 ผล โดยกำหนดให้

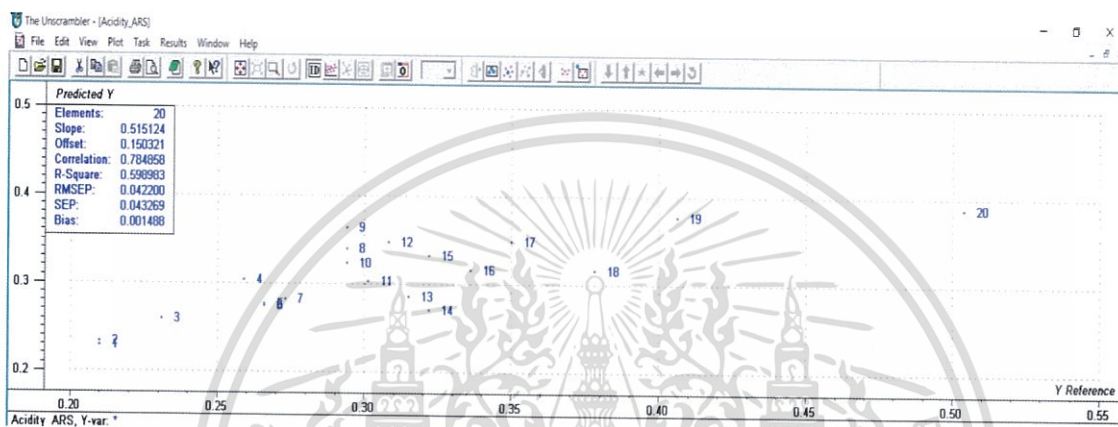
ตัวแปรต้น : ความกว้าง (X_1), ความยาว (X_2), ความสูง (X_3), ความเป็นทรงกลม (X_4), น้ำหนัก (X_5), ปริมาตร (X_6), ความหนาแน่น (X_7), สัญญาณเสียง (X_8), L (X_9), a (X_{10}), b (X_{11}), *C (X_{12}), และ *H (X_{13}) ได้ calibration model ดังนี้

$$\begin{aligned}
 Y = & -0.01041X_1 + 0.0186X_2 + 0.01004X_3 - 0.45X_4 - 0.0001355X_5 \\
 & - 0.0002894X_6 + 0.00416X_7 - 1.992X_8 - 0.001667X_9 + 0.104X_{10} + 0.199X_{11} \\
 & - 0.232X_{12} - 0.001817X_{13}
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

จากการสร้างสมการ พบว่าค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.50 เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าสมการประมาณค่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้ และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (RMSEC) เท่ากับ 0.04 แสดงให้เห็นว่าสมการที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลในส่วน prediction มาแทนค่าใน calibration model เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการทำนายค่าTA แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดได้ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(R^2) โดยอธิบายผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่า %Acidity และในการเปรียบเทียบพบว่าค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.59 และค่า RMSEP เท่ากับ 0.04 แสดงว่าสมการที่ใช้ทำนายค่าTA มีความแม่นยำ เนื่องจากมีค่า RMSEP ที่ต่ำมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่า %Acidity โดยได้ค่า $R^2 = 0.59$, $RMSEP = 0.04$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ model ได้แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุด คือ ค่าสัญญาณเสียง

4.1.3 การทำนายความแน่นเนื้อ(firmness)

วิธีการหาสมการได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม calibration 37 ผล และกลุ่ม prediction 20 ผล จากทั้งหมด 37 ผล โดยกำหนดให้

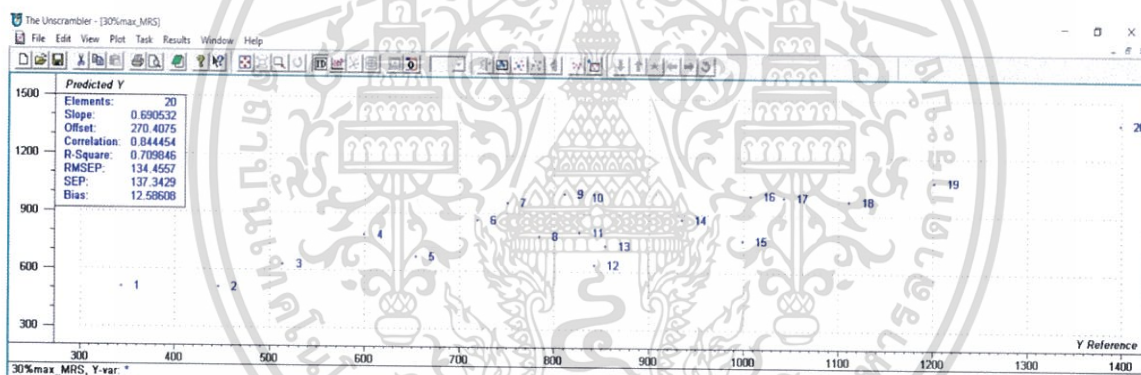
ตัวแปรต้น : ความกว้าง (X_1), ความยาว (X_2), ความสูง (X_3), ความเป็นทรงกลม (X_4), น้ำหนัก (X_5), ปริมาตร (X_6), ความหนาแน่น (X_7), สัญญาณเสียง (X_8), L (X_9), a (X_{10}), b (X_{11}), *C (X_{12}), และ *H (X_{13}) ได้ calibration model ดังนี้

$$Y = 2.368X_1 - 6.702X_2 + 30.872X_3 - 4,502X_4 - 7.563X_5 + 3.968X_6 + 2,325X_7 - 3,629X_8 + 3.234X_9 - 723.106X_{10} - 1,040X_{11} - 1,256X_{12} + 206.427X_{13} \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสร้างสมการ พบว่าค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.76 เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าสมการประมาณค่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้ และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (RMSEC) เท่ากับ 117.61 แสดงให้เห็นว่าสมการที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณสูงมาก

เมื่อนำข้อมูลในส่วน prediction มาแทนค่าใน calibration model เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการทำนายค่าความแน่นเนื้อ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดได้จากเครื่องวัดความแน่นเนื้อมาตรฐาน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) โดยอธิบายผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่าความแน่นเนื้อ และในการเปรียบเทียบพบว่าค่า R^2 ได้เท่ากับ 0.70 และค่า RMSEP เท่ากับ 134.45 กรัม แสดงว่าสมการที่ใช้ทำนายค่าความแน่นเนื้อมีความแม่นยำต่ำมาก เนื่องจากมีค่า RMSEP ที่สูงมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ทำนายได้ของค่าความแน่นเนื้อ โดยได้ค่า $R^2 = 0.70$, $RMSEP = 134.45$ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ model ได้แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุด คือ ค่าความเป็นทรงกลม

ตารางที่ 4.1 ค่า R^2 , RMSEC และ RMSEP ที่ได้จากการสร้างสมการและการทำนายค่า TSS, TA และ texture

Variable	Calibration		Prediction	
	R^2	RMSEC	R^2	RMSEP
TSS	0.36	0.85	0.43	0.83
TA	0.50	0.04	0.59	0.04
Texture	0.76	117.61	0.70	134.45

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับคุณภาพของผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง

4.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS)



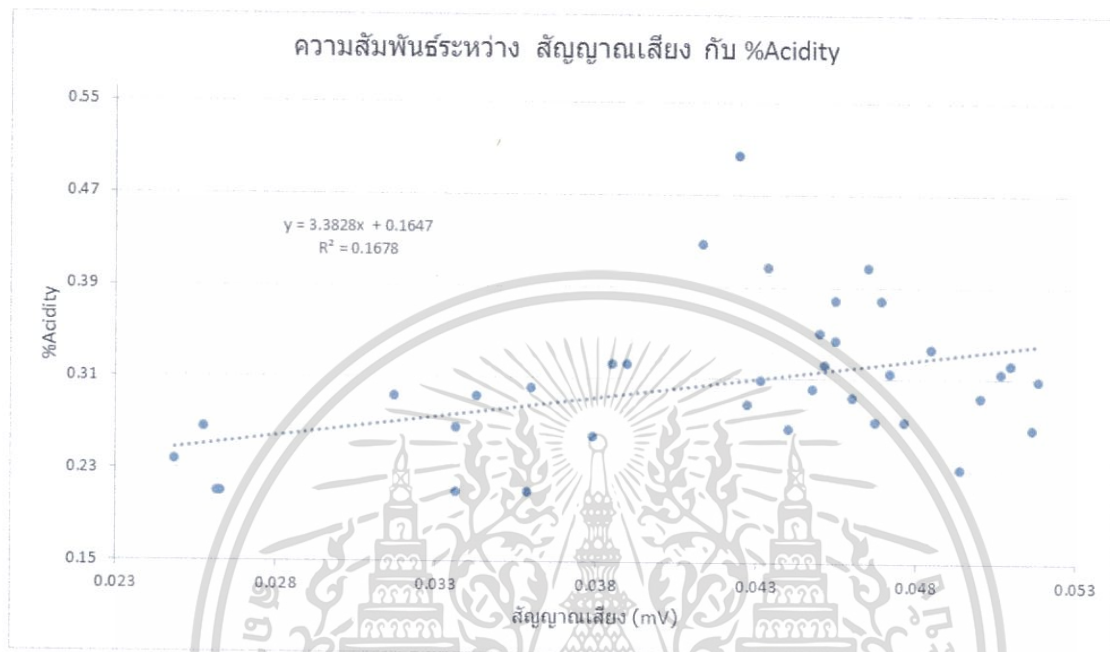
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) โดยได้ค่า $R^2 = 0.0303$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.4 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS) พบว่าค่า R^2 ไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า TSS มีระดับความน่าเชื่อถือน้อยมากและไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

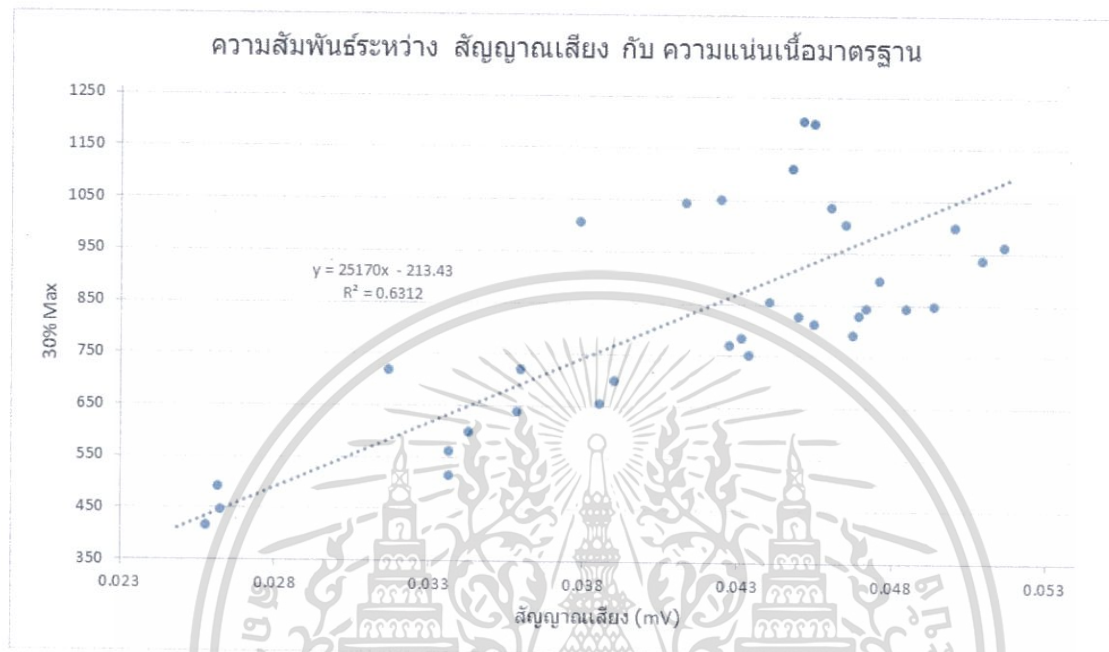
4.2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาณกรดที่ไทเตรทได้(TA)



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาณกรดที่ไทเตรทได้(TA) โดยได้ค่า $R^2 = 0.17$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.5 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับค่าปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ พบว่าค่า R^2 ไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า %Acidity มีระดับความน่าเชื่อถือน้อยมากและไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

4.2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความแน่นเนื้อจากเครื่องวัดมาตรฐาน(texture)



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความแน่นเนื้อจากเครื่องวัดมาตรฐาน โดยได้ค่า $R^2 = 0.63$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.6 เมื่อนำค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับค่าความแน่นเนื้อมาตรฐาน พบว่าค่า R^2 เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ซึ่งถือว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับปานกลาง และพบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือถ้าระดับสัญญาณเสียงมีค่าสูงขึ้น ความแน่นเนื้อของผลฝรั่งก็จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

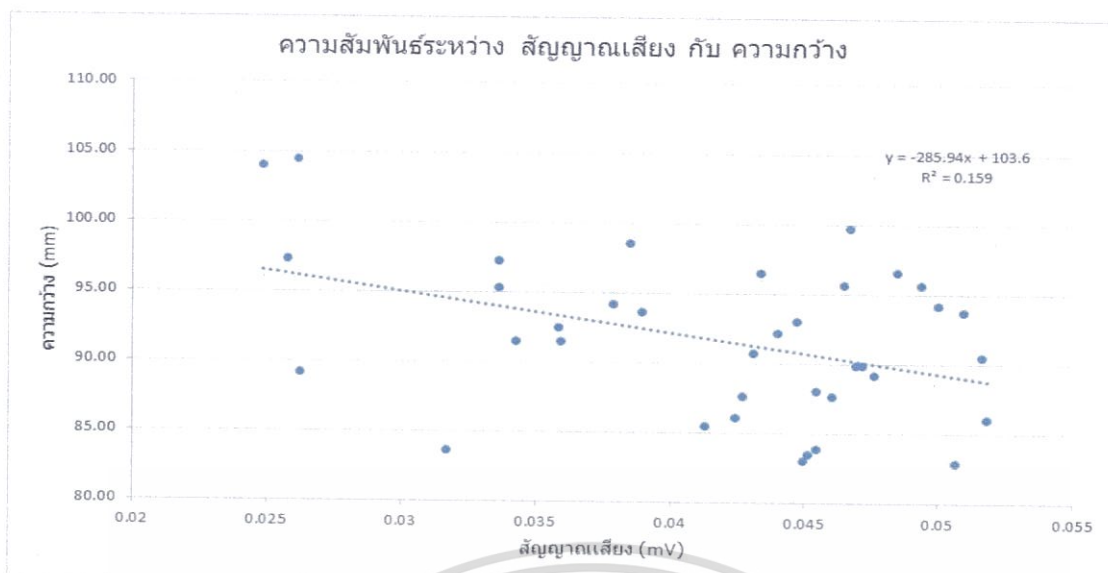
4.2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับขนาดของผลฝรั่ง(ความยาว, ความกว้าง, และความสูง)

4.2.4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความยาว



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความยาวโดยได้ค่า $R^2 = 0.20$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

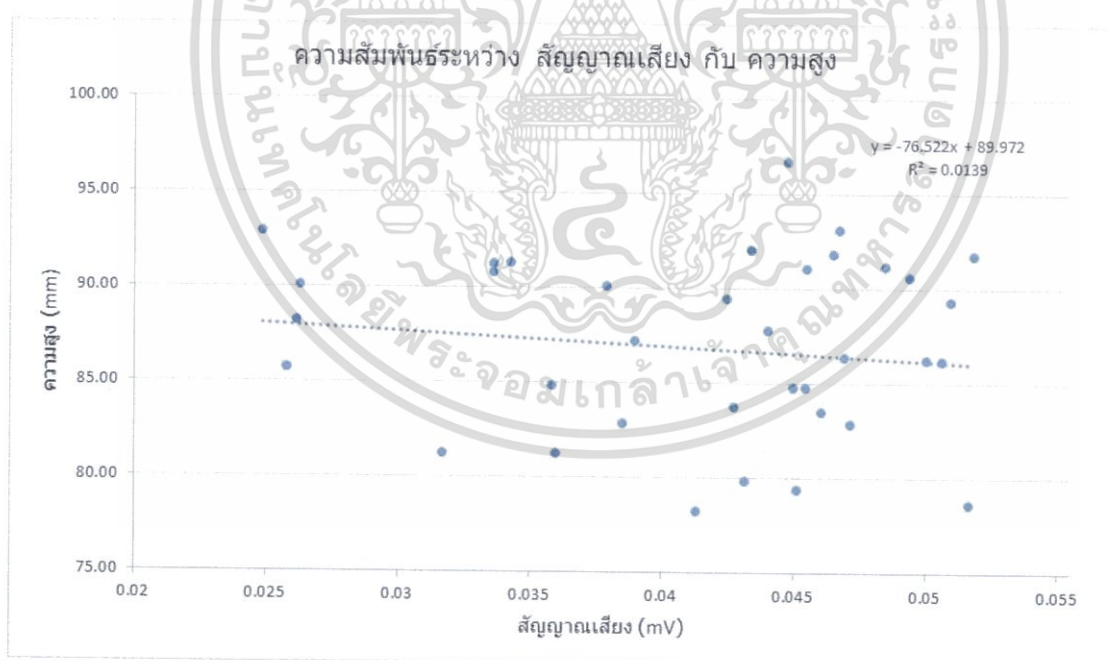
4.2.4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเสียงกับความกว้าง



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความกว้างโดยได้ค่า $R^2 = 0.16$ ซึ่ง

เป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

4.2.4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความสูง



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความสูงโดยได้ค่า $R^2 = 0.01$ ซึ่ง

เป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.7, 4.8, และ 4.9 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับขนาดของผลฝรั่งคือความยาว ความกว้าง และความสูง พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.20, 0.16, และ 0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับขนาดของผลฝรั่ง มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำเมื่อเทียบกับความแน่นเนื้อ

4.2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความเป็นทรงกลม



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความเป็นทรงกลมโดยได้ค่า $R^2 = 0.01$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.10 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับค่าความเป็นทรงกลมของผลฝรั่ง พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.01 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดง

ให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความเป็นทรงกลมของผลฝรั่ง มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำมาก เนื่องจากค่าที่ได้ไม่สัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน

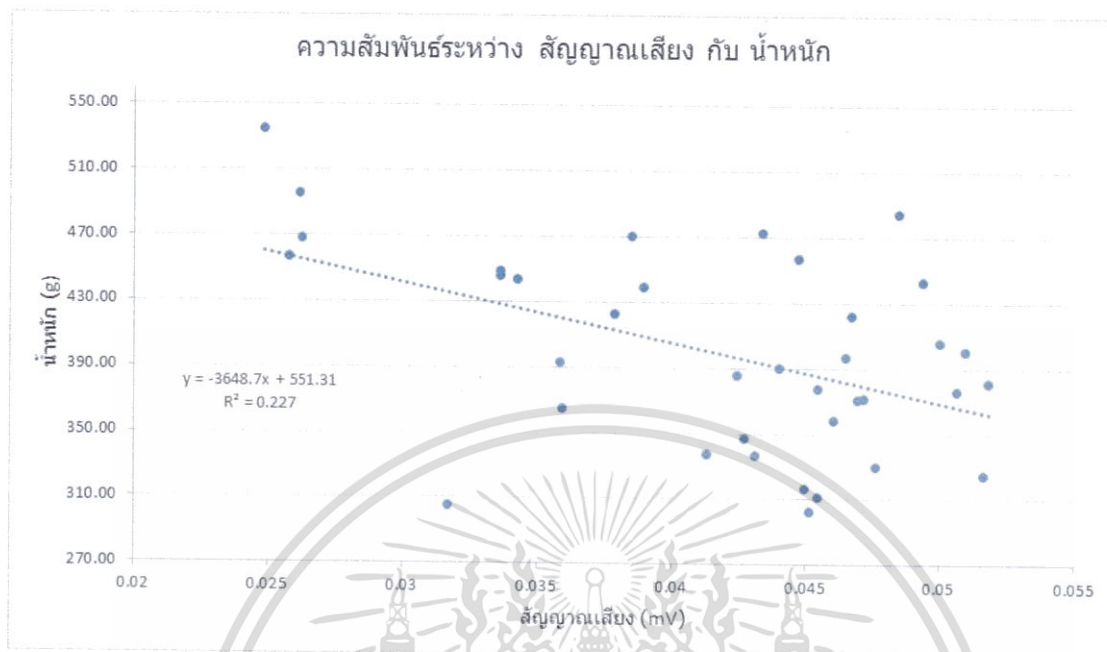
4.2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาตร



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาตร โดยได้ค่า $R^2 = 0.23$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.11 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับปริมาตรของผลฝรั่ง พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.23 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับปริมาตรของผลฝรั่ง มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่สัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน

4.2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับน้ำหนัก

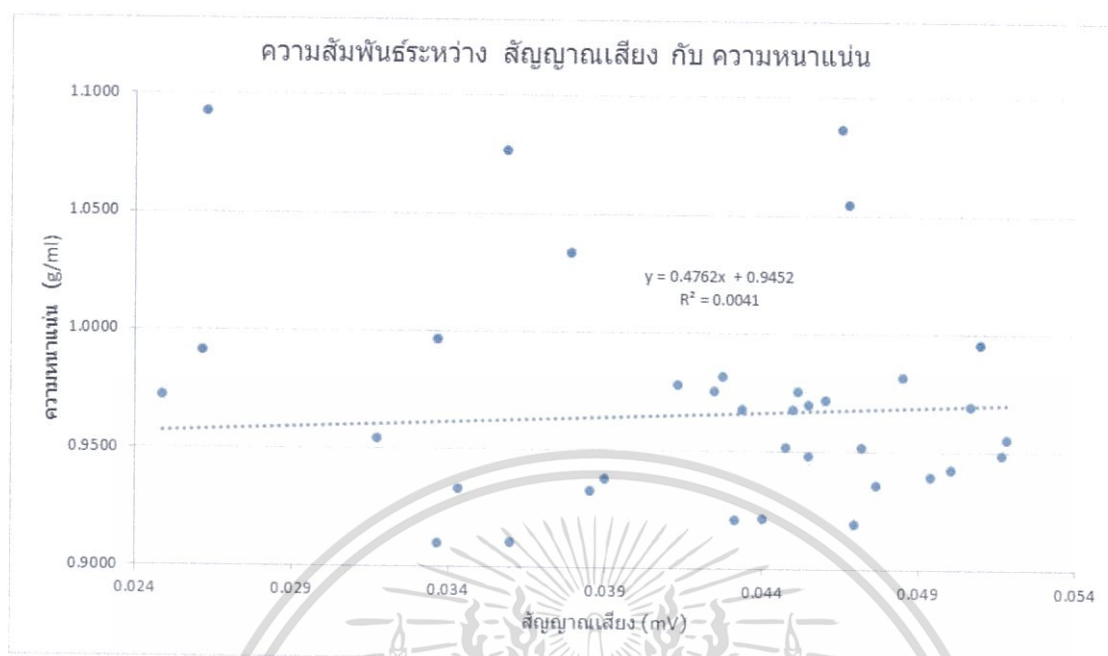


ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับน้ำหนักโดยได้ค่า $R^2 = 0.22$ ซึ่ง

เป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.12 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับน้ำหนักของผลฝรั่ง พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.22 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับน้ำหนักของผลฝรั่ง มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่สัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน

4.2.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความหนาแน่น

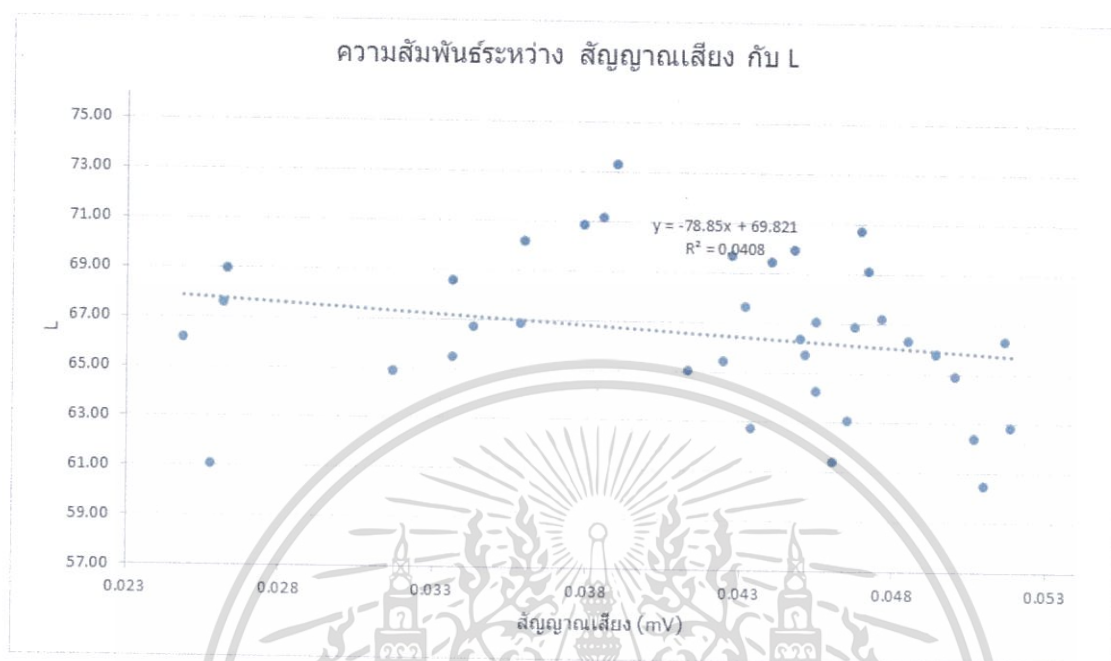


ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความหนาแน่น โดยได้ค่า $R^2 = 0.0041$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 4.13 เมื่อนำค่าค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟกับความหนาแน่นของผลฝรั่ง พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.004 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับความหนาแน่นของผลฝรั่ง มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำมาก เนื่องจากค่าที่ได้ไม่สัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน

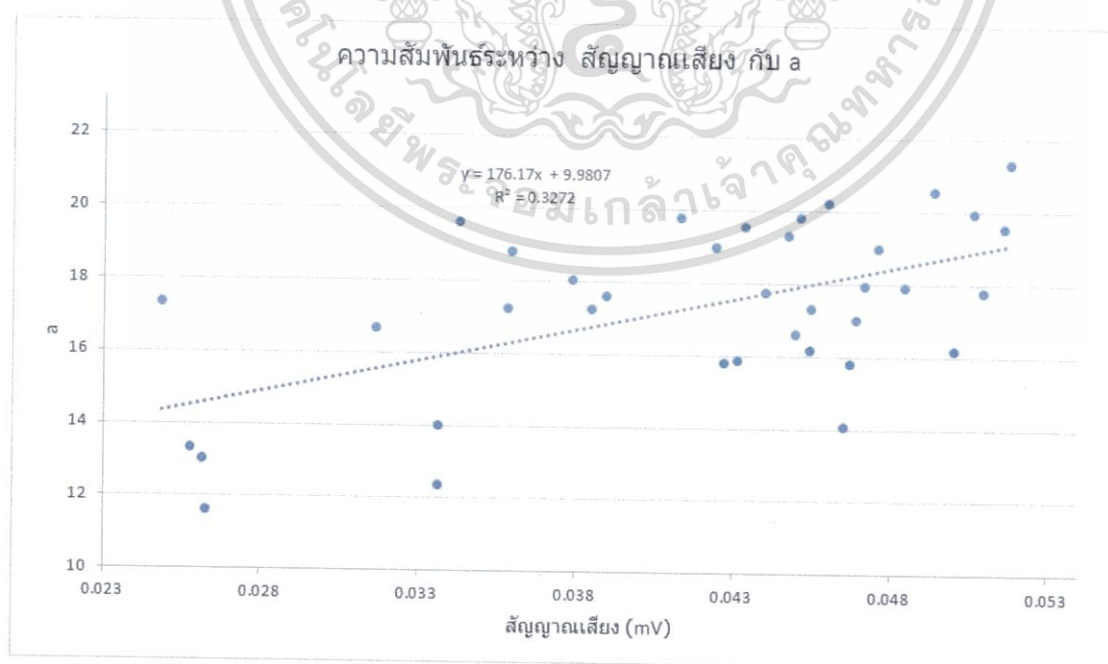
4.2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า L^* , a^* , b^* , H^* , และ C^*

4.2.8.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า L^*



ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า L^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.04$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

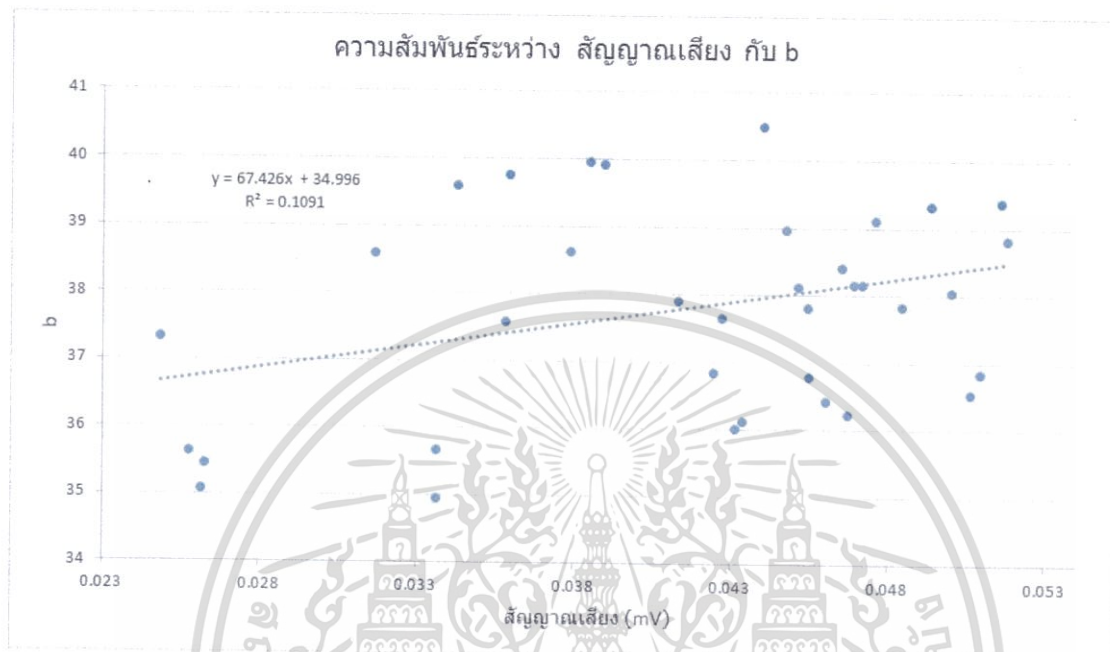
4.2.8.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า a^*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

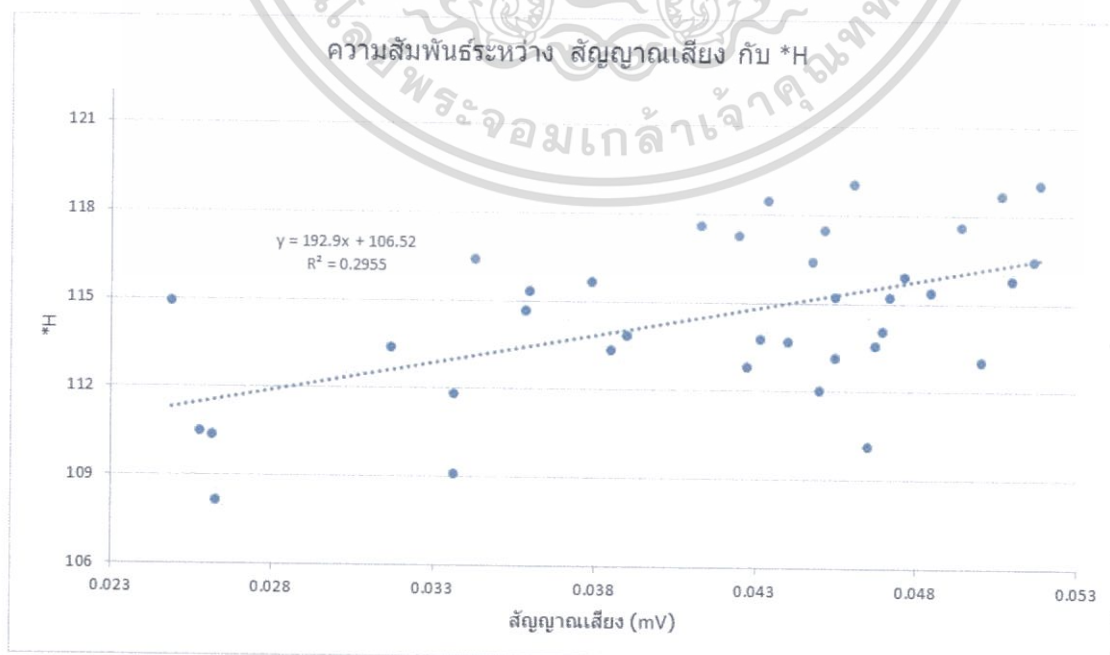
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ a^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.32$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

4.2.8.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า b^*



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ b^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.11$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

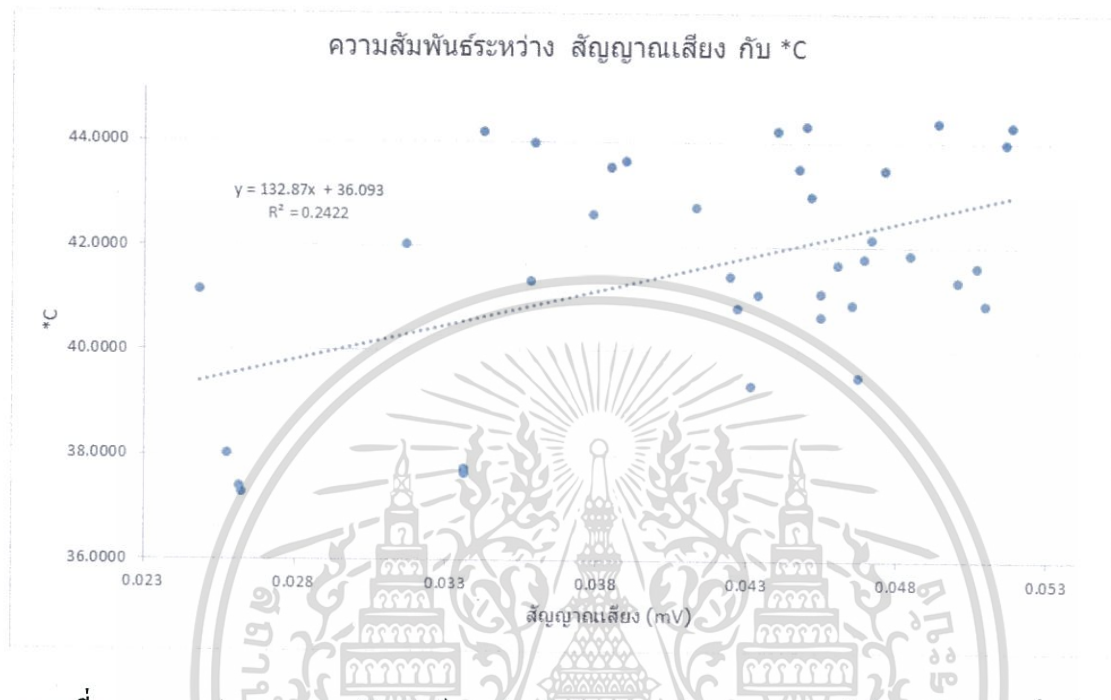
4.2.8.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า H^*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ H^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.30$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

4.2.8.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่า C^*



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับ C^* โดยได้ค่า $R^2 = 0.24$ ซึ่งเป็นค่าที่บอกลถึงความน่าเชื่อถือทางสถิติ

จากภาพที่ 14, 15, 16, 17, และ 18 เมื่อนำค่าสัญญาณเสียงที่คำนวณได้ ไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าสี (L^* , a^* , b^* , H^* , และ C^*) พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.04, 0.32, 0.11, 0.30, และ 0.24 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า R^2 ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับค่าสีของผลฝรั่งมีระดับความน่าเชื่อถือต่ำมาก และพบว่าค่า a^* มีค่า $R^2 = 0.32$ ซึ่งถือว่าต่ำและถูกต้องมากที่สุดเมื่อเทียบกับค่าสีอื่นๆ

ตารางที่ 4.2 ค่า R^2 จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณเสียงกับตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการสร้างสมการและทำนายคุณภาพของผลฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

Relationship	Coefficient of determination (R^2)
mV & ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS)	0.03
mV & ปริมาณกรดที่ไทเตรท(TA)	0.17
mV & ความแน่นเนื้อ(texture)	0.63
mV & ขนาดของผลฝรั่ง	
● ความยาว	0.20
● ความกว้าง	0.16
● ความสูง	0.01
mV & ความเป็นทรงกลม(sphericity)	0.01
mV & ปริมาตร	0.23
mV & น้ำหนัก	0.22
mV & ความหนาแน่น(density)	0.004
mV & ค่าสี(color)	
● L*	0.04
● a*	0.32
● b*	0.11
● H*	0.30
● C*	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบเครื่องมือเพื่อทำนายคุณภาพของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองโดยใช้เทคนิค เซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง เพื่อนำไปสร้างสมการหลายตัวแปรด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ด้วยโปรแกรม Unscrambler เพื่อใช้ทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(TSS), ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้(TA), และความแน่นเนื้อ(firmness) ซึ่งตัวแปรที่ใช้เพื่อนำไปสร้างสมการมีดังนี้ ความกว้าง, ความยาว, ความสูง, ความเป็นทรงกลม, น้ำหนัก, ปริมาตร, ความหนาแน่น, สัญญาณเสียง, และค่าสี(L*, a*, b*, *C, *H) ข้อสรุปดังนี้ คือ

สมการทำนายค่า TA และความแน่นเนื้อ ที่สร้างขึ้นมาสามารถประเมินค่าในกลุ่มตัวอย่าง prediction ให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ โดยที่สมการทำนายความแน่นเนื้อจะมีความแม่นยำน้อยกว่าสมการทำนายค่า TA ดังนั้นสมการที่สร้างขึ้นมาสามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพภายในของผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองได้ ในขณะที่สมการทำนายค่า TSS ให้ผลความถูกต้องแม่นยำต่ำมาก จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพภายในของผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองได้ ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในงานวิจัยผู้ทดลองได้ใช้จำนวนตัวอย่างฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง 37 ผล ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อย ทำให้ผลการทดลองมีการกระจายของข้อมูลที่น้อย ส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนในการทำนายคุณภาพมีค่าสูง

5.2.2 ในงานวิจัยนี้คณะผู้จัดทำได้ใช้ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเป็นตัวอย่างในการทดลอง และถ้ามีผู้สนใจจะนำไปพัฒนาต่อแนะนำให้ใช้ผลไม้ชนิดอื่นๆ หรือนำตัวรับสัญญาณประเภทอื่นมาใช้งานได้ เพื่อจะได้รู้ว่าผลของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมานั้นเหมาะสมกับการใช้งานมากน้อยเพียงใด

เอกสารอ้างอิง

กิจ ไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี. 2554. **LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาระบบการวัดและควบคุม.**

กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น. หน้า 8,9,191-206

ใจทิพย์ วานิชขัง.2553. **คุณสมบัติทางกายภาพเชิงกล สรีระวิทยาและแสงที่สัมพันธ์กับการวัดคุณภาพของผลแก้วมังกร.** วิทยานิพนธ์คุณวุฒิปบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า : 19

ฐิติพงษ์ ทิพย์แก้ว ธนกฤต ชูตระกูลรัตน์ และรัชคม ลีลับ. 2556. **เครื่องมือวัดความหนาแน่นเนื้อของผลไม้แบบน้ำหนักด. ปรินญาณีพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**

ทัศนีย์ ชิววิวัฒน์ ธนาภรณ์ แซ่เล้า. 2556. **การตรวจสอบคุณภาพภายในของผลมะนาวโดยใช้สมการหลายตัวแปร. ปรินญาณีพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 26 หน้า**

นฤมล มานีพพาน และคณะ. 2546. **การเพราะปลูกและขยายพันธุ์ฝรั่ง.** กรุงเทพฯ : ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกระรัต หน้า : 30-31

ภาควิชาสถิติ. 2549. **หลักสถิติ 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2539. **หลักการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. หน้า : 14,19,48**

ศิริลักษณ์ สิ้นชวาลัย. 2525. **ทฤษฎีอาหาร เล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี หน้า : 33-35, 254-256.**

สุพล ดุรงค์วัฒนา. 2553. **การวิเคราะห์เชิงสถิติ(การวิเคราะห์ความถดถอย).** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมโภชน์ น้อยจินดา. 2537. **เทคนิคการวัดความแน่นเนื้อของผักและผลไม้สด.**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้า : 7-9

อดิษฐ์ โทวิชา. 2550. **การวิเคราะห์การถดถอย.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏ
สวนสุนันทา, กรุงเทพฯ. หน้า : 43

ผู้แต่งไม่ระบุ. 1948. **Lab color space,** [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space.

สืบค้นเมื่อ: 25 มิถุนายน 2559

AOAC International. 2000. **Official methods of analysis of AOAC International.** 17th edition.

Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities

Billmeyer, F. W., Jr. and Saltzman, M. 1981. **Principles of Color Technology,** New York: John
Wiley & Sons, Inc.

Doug Harper. 2013. **myDAQ Resources,** [Online].

<http://physics.wku.edu/phys318/tag/day01>, สืบค้นเมื่อ: 2 กรกฎาคม 2559

Fin Haugen. 2008. **A quick guide to National Instruments USB-6009 and USB-6008**

multifunction I/O devices, [Online]. <http://techt teach.no/tek dok/usb6009>,

สืบค้นเมื่อ: 2 กรกฎาคม 2559

Gutierrez et al. 2007. **Pre-commercial sorting line for peaches firmness assessment.** Journal of
Food Engineering 81: 721–727.

Mohsenin, N.N., 1986. **Physical Properties of Plant and Animal Material.** Gordon and Breach
Publish. New York.

Marquez, A.J., A.M. Diaz and M.I. Pascual Reguera. 2005. Using optical NIR sensor for on-line
virginolive oils characterization. **Sensors and Actuators B.** 107: 64-68.

National Instruments. 2015. **CompactDAQ,** [Online].

<http://www.ni.com/data-acquisition/compactdaq>, สืบค้นเมื่อ: 2 กรกฎาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

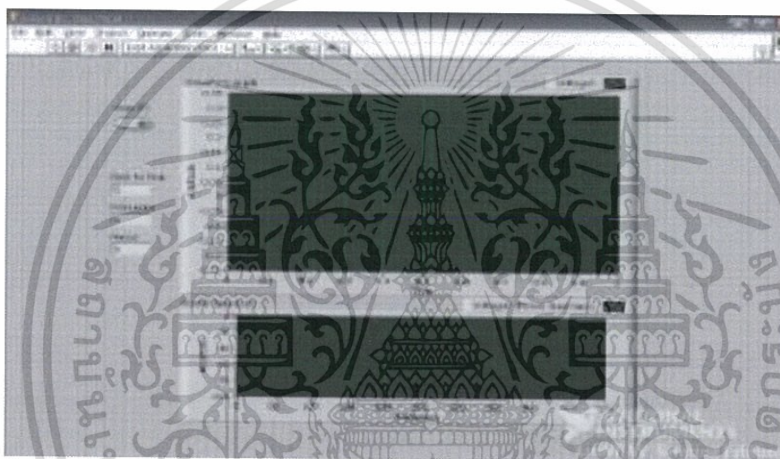
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ความหมายของ LabVIEW และการนำไปใช้งาน

ก.1 ความหมายของ LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LABVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือจะเรียกย่อๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือน ดังตัวอย่าง จากรูปนี้เป็น Oscilloscope ที่ได้ทำการสร้างขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



ภาพที่ ก.1 แสดงตัวอย่างเครื่องมือวัดเสมือนที่สร้างจาก LabVIEW
ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาระบบการวัดและควบคุม(2554)

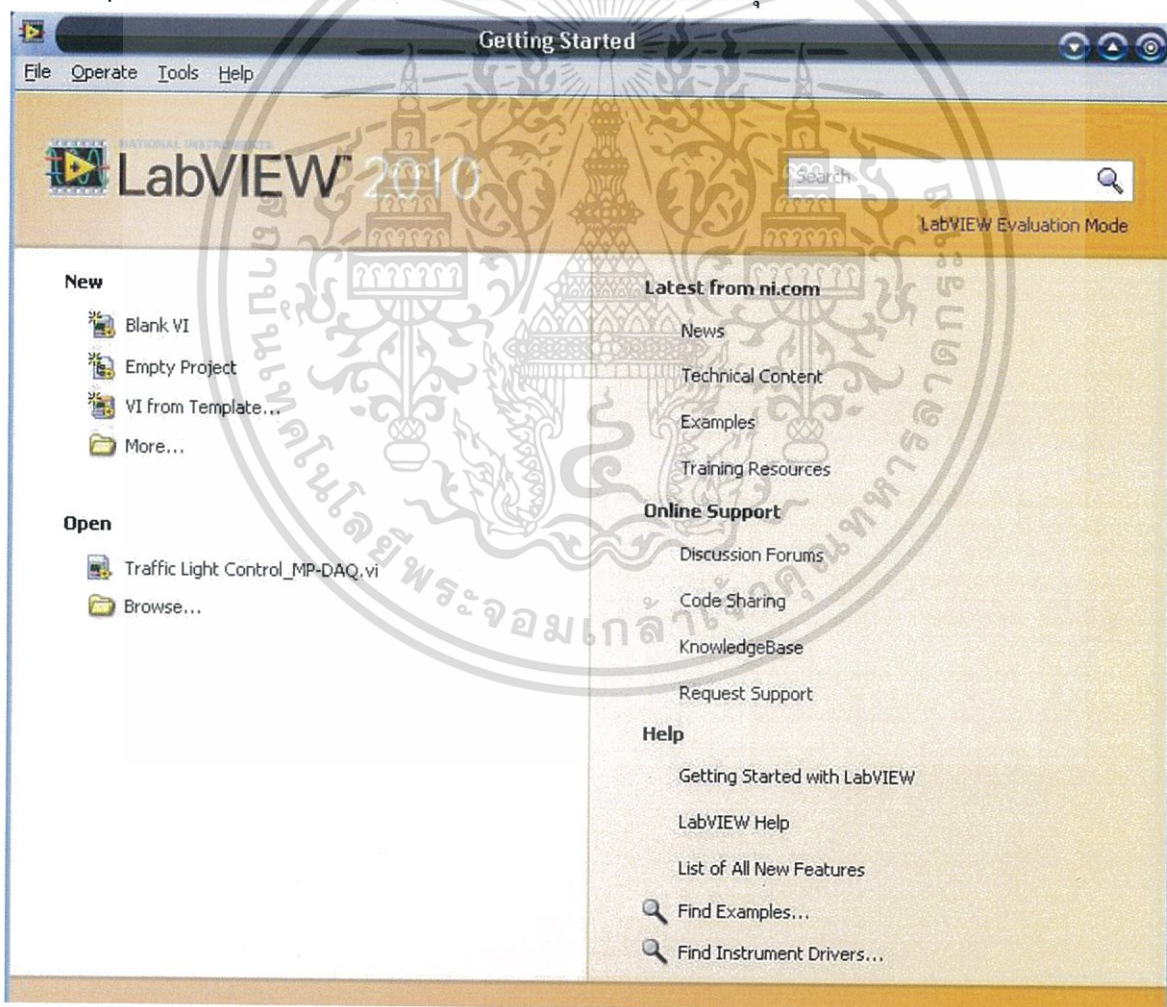
LabVIEW มีจุดกำเนิดขึ้นในปี 1983 โดยทางบริษัท National Instrument ได้เริ่มการค้นคว้าเพื่อจะหาวิธีการที่จะลดเวลาในการเขียน โปรแกรมเพื่อใช้ในงานด้านระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นจุดเริ่มของแนวความคิดการสร้าง LabVIEW หลังจากการใช้เวลาวิจัยอยู่ 3 ปี ในปี 1986 บริษัทได้ปล่อย LabVIEW Version 1 สู่อตลาดเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ Macintosh เท่านั้น เพราะแม้ว่าเครื่อง Macintosh จะไม่ใช่ที่ใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านวิศวกรรม แต่ด้วยลักษณะการแสดงผลแบบกราฟฟิกของเครื่อง Macintosh ทำให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับ LVIEW สำหรับระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ใช่ GUI นั้นยังไม่มีที่เหมาะสมที่จะใช้กับ LabVIEW ดังนั้นสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(PC) ทาง NI ต้องรอนจนกระทั่งระบบปฏิบัติการ Windows เกิดขึ้นเสียก่อน

ในปี 1990 ทาง NI ได้ประสบผลสำเร็จในการนำ LabVIEW version 2 ออกสู่ตลาด โดยได้
 เอนกอนันต์ไชยเสนา
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compiler ที่ทำให้เวลาการทำงานของโปรแกรมรวดเร็วขึ้น ทัดเทียมกับการเขียนด้วยภาษาขั้นพื้นฐาน เช่น C และต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านระบบปฏิบัติการของ PC มีความพร้อมที่จะใช้งานกับ GUI ทางบริษัทจึงได้ผลิต LabVIEW for Windows และ LabVIEW for SUN เข้าสู่ตลาดในปี 1992

หลังจากนั้นบริษัทก็ได้พัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับเทคโนโลยียิ่งขึ้นตามรูปแบบปฏิบัติการที่เปลี่ยนแปลงไปเช่น LabVIEW สำหรับ WindowsNT, Windows 95 รวมถึงการสร้าง Version ใหม่ เพื่อจัดระบบและการเขียนโปรแกรมให้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆมากขึ้นพร้อมทั้งสร้างฟังก์ชันต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

นอกจากนี้ยังสร้างโปรแกรมที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ได้เขียนบนระบบปฏิบัติการนั้นได้ โดยเริ่มจาก LAB VIEW 3 ในปี ค.ศ. 1993, LAB VIEW 4 ในปี ค.ศ. 1996 และล่าสุด LAB VIEW 2010 ในปี ค.ศ. 2010 ซึ่งเป็นโปรแกรมล่าสุด

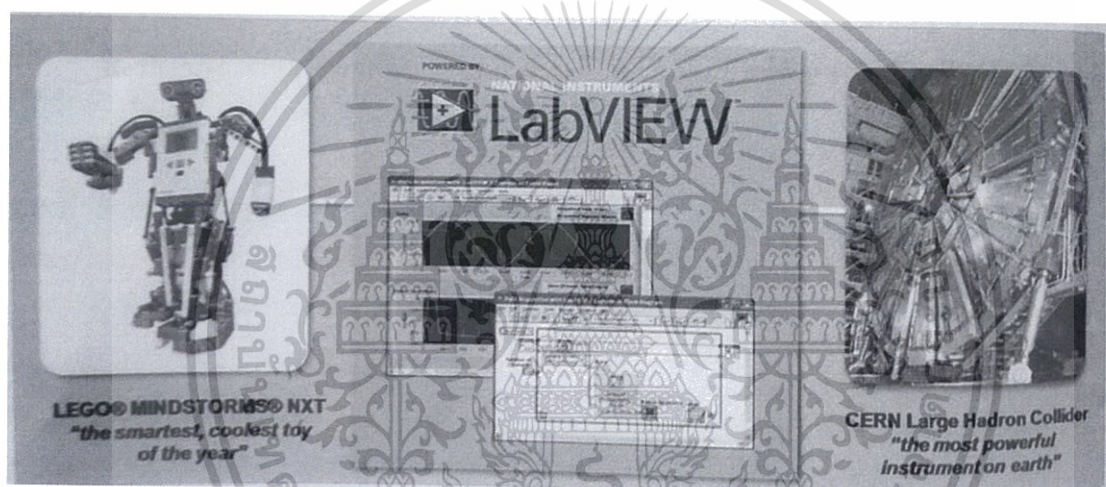


ภาพที่ ก.2 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม LAB VIEW 2010

ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

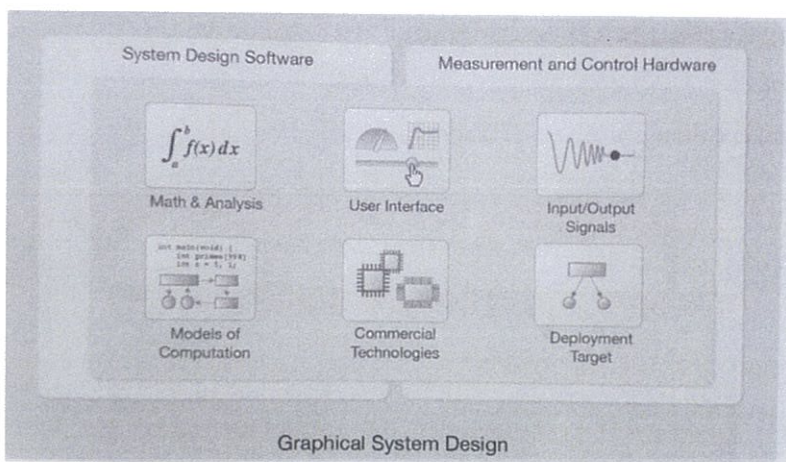
LabVIEW คือชุดพัฒนาแอปพลิเคชัน(Development environment) จากเนชั่นแนลอินสทริวเม้นท์เพื่อใช้ในการสร้างระบบการวัด, ทดสอบ, และควบคุม โดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาโค้ดรูปภาพ(Graphical programming) และมีการต่อสายส่งค่าข้อมูลคล้ายกับการวาดโพลชาร์ตที่เข้าใจได้ง่ายซึ่งชุดพัฒนาจะมาพร้อมกับชุดฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรมนับร้อยแบบสำหรับการวิเคราะห์, ประมวลผล, และแสดงข้อมูล รวมถึงความสามารถต่างๆ ในการใช้งานร่วมกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์อื่นๆ ได้ดี ทำให้ LabVIEW ซึ่งออกสู่ตลาดมาตั้งแต่ปี 1986 ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในแทบทุกส่วนของอุตสาหกรรมและการวิจัยที่ต้องการระบบอัตโนมัติในการวัดและการควบคุม อาทิ เช่น ในอุตสาหกรรมผลิต, อิเล็กทรอนิกส์, ยานยนต์, การทหารและยานอวกาศ, พลังงาน, การสื่อสาร, เครื่องมือแพทย์ หรือแม้แต่ในของเล่นเด็กอย่างเลโก้ ไปจนถึงเครื่องจักรที่ซับซ้อนที่สุดอย่างเครื่องอนุภาค LHC ที่เซิร์น



ภาพที่ ก.3 การประยุกต์ใช้ labVIEW ในภาคอุตสาหกรรม
ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

ในปัจจุบัน นอกจาก LabVIEW จะถูกใช้งานบนพีซีทั่วไปเพื่อการดึงสัญญาณหรือควบคุมเครื่องมือวัดแล้ว แนวคิดของเนชั่นแนลอินสทริวเม้นท์ที่เรียกว่า Graphical System Design ยังขยายขีดความสามารถของแพลตฟอร์ม LabVIEW ให้สามารถทำการออกแบบได้ทั้งระบบ ตั้งแต่ส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์, การคำนวณ ไปจนถึงการดึงสัญญาณและการติดตั้งไปรันในฮาร์ดแวร์ทั้งแบบวินโดวส์, เรียลไทม์, และ FPGA โดยใช้แพลตฟอร์ม LabVIEW เพียงแพลตฟอร์มเดียว จึงทำให้สามารถทำงานต่อยอดได้ทันทีเมื่อเวลาที่เราต้องการย้ายการทำงานกับพีซีบนวินโดวส์ไปเป็นฮาร์ดแวร์แบบฝังตัว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.4 Graphical System Design

ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาระบบการวัดและควบคุม(2554)

ก.1.1 DATA FLOW AND PROGRAMING

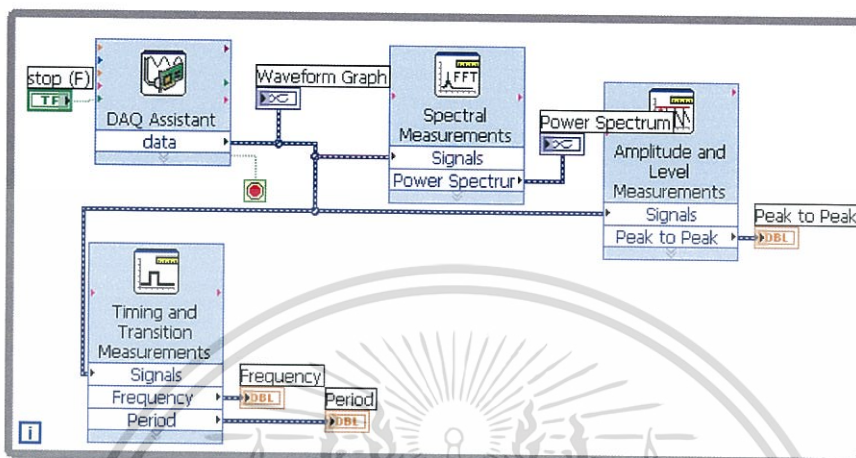
เนื่องจาก labVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้รูปภาพ หรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วย ตัวอักษร เหมือนโปรแกรมปกติทั่วไปซึ่งข้อดีข้อแรกก็คือการลดความคิดพลาดด้านการสะกดผิดหรือพิมพ์ ผิดออกไป ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งที่สำคัญของการเขียนโปรแกรมแบบ G ก็คือการเขียนด้วย ตัวหนังสือก็คือ การเขียนด้วยภาษา G นี่เป็นการเขียนโดยใช้ หลักการของ Data Flow ซึ่ง เมื่อเริ่มส่ง ข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม เราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใดผ่านการประเมินผล และคำนวณในส่วนใดบ้างและจะให้แสดงผลอย่างไร ซึ่งลักษณะการเขียนภาษา G หรือ Data Flow นี้จะมีลักษณะเหมือนลับ การเขียน Block Diagram ซึ่งทำให้ผู้เขียน โปรแกรมสามารถให้ความสนใจลับกาเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้โดยไม่ต้องจดจำรูปแบบคำสั่งที่ยุ่งยาก

เนื่องจาก LabVIEW ใช้ลักษณะการเขียนแบบ Block Diagram ซึ่งวิศวกรส่วนมากมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้ และถ้าหากเราจำ ได้ถึงขั้นตอนการเขียน โปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรมจะต้องเขียน Flow Chart ให้เสร็จสิ้น ก่อน หลังจากตรวจสอบ Flow Chart เรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรมซึ่งจะมีความสะดวกมากขึ้น ถ้าหากการเขียน Flow Chart ของ LabVIEW ก็คือการเขียนโปรแกรมนั่นเองซึ่งเป็นการลด ขั้นตอนการทำงานลงไปได้เป็นอย่างมาก แม้ว่าการเขียน โปรแกรมใน LabVIEW ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียน โปรแกรมใดๆมาก่อนเลย แต่การมีความรู้ด้านการเขียน โปรแกรมหรือใช้ โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

LabVIEW จะมี Front Panel ซึ่งเปรียบเสมือนได้ลับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับออกแบบหน้าจอบางอย่าง เช่น จอแสดงผลแบบอพล็อตโครบ, ปมหมุน (Dial) และ สวิตช์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์

พื้นที่ส่วนเขียนโปรแกรมจะเรียกว่า Block Diagram เปรียบเสมือนลับ Hardware ภายในเครื่องมือวัด โดย LabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยรูปภาพ



ภาพที่ ก.5 แสดง Block Diagram HI ของ LabVIEW

ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาการวัดและควบคุม

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามที่ ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ



ภาพที่ ก.6 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาการวัดและควบคุม(2554)

1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)
2. Analysis หลังจากที่รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะ แสดงผลในรูปแบบที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้
3. Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้า จอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) Analysis

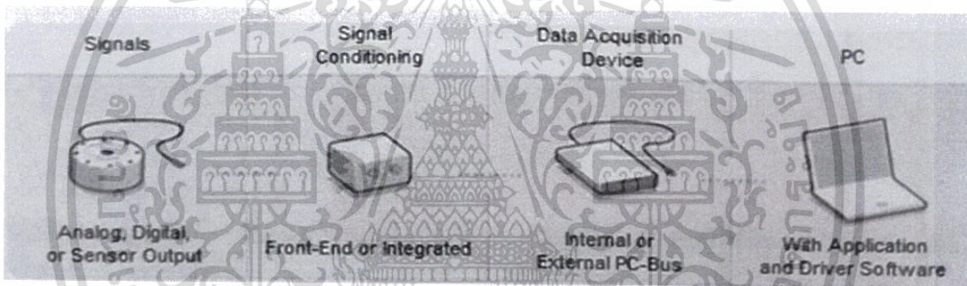
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การนำอุปกรณ์ Data Acquisition (DAQ) มาใช้บน LabVIEW

LabVIEW เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในงานที่เกี่ยวข้องกับการดั่งสัญญาณ หรือ Data acquisition (DAQ) ซึ่งมีประโยชน์ในแอปพลิเคชันการวัดและแสดงสัญญาณ, การเก็บบันทึกข้อมูล, การคอนโทรล, และการทดสอบ เป็นต้น การนำ DAQ มาใช้บน LabVIEW นี้เพื่อการวัดสัญญาณและอ่านค่าจากเซ็นเซอร์หลายชนิด

ก.2.1 ระบบ DAQ บนพีซี

ระบบ DAQ บนพีซี คือกระบวนการในการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำบนพีซีเพื่อการวัด วิเคราะห์ จัดเก็บ หรือแสดงผลต่อไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการสร้าง VI ของแต่ละแอปพลิเคชัน ซึ่งระบบ DAQ บนพีซีจะมีส่วนประกอบอยู่สี่ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของแหล่งสัญญาณ, ส่วนฮาร์ดแวร์ Signal conditioning, ส่วนอุปกรณ์ DAQ และส่วนซอฟต์แวร์พีซี



ภาพที่ ก.7 ส่วนประกอบของ DAQ บนพีซี

ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

สัญญาณที่เราจะวัด อาจเป็นสัญญาณอะนาล็อก ($\pm 10V$ หรือ $4\sim 20mA$) หรือสัญญาณดิจิทัล หรืออาจจะมาจากเซ็นเซอร์ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะถูกต่อสายเข้าไปในส่วนฮาร์ดแวร์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า Signal conditioning ซึ่งจะทำหน้าที่ในการปรับปรุงสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะวัดด้วยฮาร์ดแวร์ DAQ ต่อไป เช่นถ้าสัญญาณมีขนาดเล็กเกินไปก็ต้องขยายให้ใหญ่ขึ้นหรือถ้าสัญญาณเข้ามาใหญ่เกินไปก็ต้องลดทอนสัญญาณให้เล็กลง เป็นต้น (ถ้าสัญญาณมีลักษณะเหมาะสมแล้วเราก็ไม่จำเป็นต้องนำ Signal conditioning มาใช้ทุกครั้งเสมอไป) สำหรับฮาร์ดแวร์ DAQ แบบพื้นฐานจะสามารถวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง $\pm 10V$ เท่านั้นซึ่งฮาร์ดแวร์นี้จะถูกติดตั้งบนพีซีที่มีไดรฟ์เวอร์และมีแอปพลิเคชันที่เขียนด้วยซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาระบบ เช่น LabVIEW

ก.2.2 แหล่งสัญญาณทางไฟฟ้า

สัญญาณทางไฟฟ้ามีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแหล่งกำเนิดของมันอาจจะมาจากตัวส่งสัญญาณ หรือ เซ็นเซอร์ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะเป็นตัวแสดงถึงปริมาณทางกายภาพของสิ่งที่เราจะวัด เช่น การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลหรือ RTD, การวัดแรงด้วยโหลดเซลล์, การวัดแสงด้วยโฟโตดีเซ็นเซอร์, การวัดเสียงด้วยไมโครโฟน เป็นต้น โดยในที่สุดแล้วสัญญาณอะนาลอกจะต้องถูกแปลงไปเป็นแรงดันไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ Signal conditioning ก่อนที่จะถูกอ่านค่าด้วยอุปกรณ์ DAQ, โดยเราจะเรียกแหล่งกำเนิดสัญญาณประเภทแรงดันไฟฟ้าว่า voltage source ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างสายสองเส้น

Voltage source จึงเป็นตัวแทนของแหล่งสัญญาณที่พร้อมที่จะถูกวัดด้วยอุปกรณ์ DAQ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองชนิด ได้แก่ แหล่งสัญญาณแบบต่อกราวด์ (grounded source) และแบบไม่ต่อกราวด์หรือแบบลอย (floating source)

ก.2.3 Signal Conditioning

Signal conditioning คืออุปกรณ์เสริมที่ทำหน้าที่ปรับสัญญาณให้เหมาะสมก่อนการวัดด้วยอุปกรณ์ DAQ เพื่อให้ได้ผลการวัดที่เที่ยงตรงและปลอดภัยมากขึ้น ทั้งนี้เราอาจสร้างวงจรแปลงสัญญาณขึ้นมาเอง หรือใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปที่มีคุณภาพสูงเพื่อความแม่นยำมากขึ้นก็ได้ ซึ่งอุปกรณ์ Signal condition มีหลายรูปแบบให้เลือก ทั้งแบบติดตั้งแยกจาก DAQ, และแบบที่รวมเป็นชิ้นเดียวกับกับ DAQ, และแต่ละแบบก็ยังแยกตามชนิดของสัญญาณ ตัวอย่างของ Signal conditioning ที่พบได้ทั่วไปมีดังนี้

- Amplification: คือการขยายสัญญาณที่เล็กเกินไปให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้อุปกรณ์ DAQ สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ละเอียดมากขึ้น เช่น สัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งจะอยู่ในระดับมิลลิโวลต์
- Excitation: คือการจ่ายไฟกระตุ้น เนื่องจากเซ็นเซอร์บางชนิด เช่น โหลดเซลล์ จำเป็นต้องมีการจ่ายแรงดันไปเลี้ยง หรือ RTD ก็จะต้องจ่ายกระแสไฟไปเลี้ยง, Signal conditioning จะทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้ในรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม
- Bridge Configuration: คือการต่อตัวต้านทานเพิ่มให้ครบสี่ตัวเป็นวงจรแบบบริดจ์ ซึ่งใช้กับการวัดด้วยสเตรนเกจ (strain gauge)
- Filtering: คือการกรองสัญญาณในย่านความถี่ที่ไม่ต้องการออก เช่น ถ้าสัญญาณที่เราต้องการมีความถี่ต่ำ แต่ในระบบมีสัญญาณรบกวนความถี่สูงปะปนเข้ามาด้วย

เราสามารถใส่ low-pass filter เพื่อตัดสัญญาณรบกวนย่านความถี่สูงออก หรือในกระบวนการสุ่มสัญญาณเราสามารถใส่ Anti-aliasing filter เพื่อตัดสัญญาณที่เราไม่ต้องการอ่านออกไปจากระบบเพื่อให้สัญญาณมีคุณภาพดีขึ้น

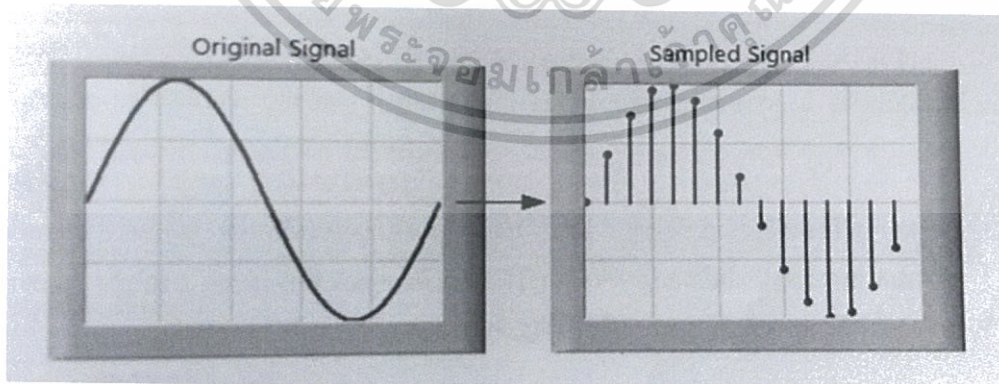
- Isolation: คือการแยกตัวนำไฟฟ้าของระบบวัดสัญญาณสองส่วนออกจากกัน เพื่อความปลอดภัยในกรณีที่มีทรานเซียนขนาดใหญ่วิ่งเข้ามาในระบบ

ก.2.4 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณจากอะนาลอกเป็นดิจิทัล

ในอุปกรณ์ DAQ ทั่วไปจะมีช่องสำหรับวัดสัญญาณอะนาลอก เรียกว่าช่อง analog input ซึ่งจะวัดสัญญาณในช่วง $\pm 10V$ ได้(แล้วแต่รุ่น) การนำสัญญาณอะนาลอกนี้เข้ามาอยู่ในพีซีซึ่งเป็นฟอร์มเมตแบบดิจิทัลจะต้องผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณที่เรียกว่า Analog-to-digital converter(ADC) ซึ่งเป็นกระบวนการในการนำค่าทางดิจิทัล(ซึ่งมีจำนวนจำกัด) มาเทียบแบบค่าอะนาลอก(ซึ่งมีจำนวนไม่จำกัด) โดยกระบวนการนี้มีขั้นตอนบางอย่างที่เราควรทราบเพื่อให้นำไปปรับแต่งค่าอุปกรณ์ในการดึงสัญญาณ ดังนี้

ก.2.4.1 Sampling

เนื่องจากพีซีของเรานั้นจะเก็บและประมวลผลข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น กระบวนการนี้จึงจำเป็นการเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกที่เป็นเส้นกราฟต่อเนื่องให้กลายเป็นจุดของข้อมูลดิจิทัลที่ไม่ต่อเนื่องด้วยวิธีการสุ่มสัญญาณหรือที่เรียกว่า Sampling ด้วยอัตราเร็วที่คงที่ ดังภาพที่(ก.4) ผังซ้ายคือรูปสัญญาณอะนาลอกต้นฉบับ และผังขวา คือสัญญาณที่ถูกสุ่ม



ภาพที่ ก.8 กระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกให้กลายเป็นจุดของข้อมูลดิจิทัล

ที่มา: LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

จะสังเกตได้ว่าถ้าหากเรายิ่งสุ่มสัญญาณเร็ว จุดที่ได้จากการสุ่มก็จะหนาแน่นมากขึ้น ก็ยังเก็บความละเอียดของเส้นกราฟได้ใกล้เคียงต้นฉบับมากขึ้นความเร็วในการสุ่ม

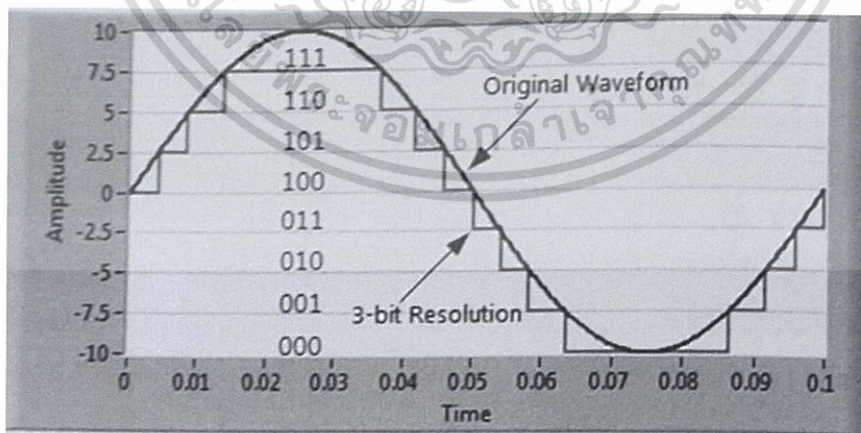
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนี้เรียกว่า Sampling rate มีหน่วยเป็นจุดต่อวินาที(Sample/s) หรือ Hz ก็ได้ แต่ความเร็วนี้จะมีข้อจำกัดอยู่ที่ Sample clock ของอุปกรณ์ว่าจะสามารถสุ่มได้เร็วสูงสุดเท่าไร แต่การสุ่มข้อมูลด้วยความเร็วมากเกินไปก็ไม่ใช่สิ่งที่จำเป็นเพราะจะทำให้สิ้นเปลืองหน่วยความจำและพื้นที่เก็บข้อมูล

ก.2.4.2 Resolution

ขั้นตอนการ Sampling คือการสุ่มสัญญาณทางแกนเวลา(แกนแนวนอน)แต่สำหรับแกนแนวตั้งซึ่งเป็นค่าของสัญญาณ ก็จะต้องทำการสุ่มเช่นกัน เพื่อเปลี่ยนให้เป็นค่าทางดิจิทัลด้วยวิธีการปัดค่าทศนิยมขึ้นหรือลงเราเรียกขั้นตอนนี้ว่า Quantization หรือ Digitization ขั้นตอนนี้คล้ายกับการวัดความยาวด้วยไม้บรรทัด โดยไม้บรรทัดทั่วไปจะมีขีดที่ละเอียดที่สุดช่องละ 1 มิลลิเมตร เพราะฉะนั้นค่าที่วัดออกมาได้จะต้องถูกปัดให้อยู่ภายในช่วง 1 มิลลิเมตร ไม่เล็กไปกว่านี้ แต่ถ้าหากไม้บรรทัดนั้นมีขีดแบ่งที่ละเอียดกว่าก็สามารถวัดได้ละเอียดมากขึ้นอีก

ความละเอียดของการทำ Digitization ขึ้นอยู่กับความละเอียดของ ADC ถ้ายิ่งมีความละเอียดมากก็จะยังสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณอะนาลอกได้ละเอียดยิ่งขึ้น ซึ่งความละเอียดของ ADC เราจะนับกันเป็นจำนวนบิต ยกตัวอย่างเช่น ADC ที่มีความละเอียด 3 บิต จะสามารถแสดงระดับของสัญญาณได้แปดระดับ ($2^3 = 8$) โดยเริ่มนับจากระดับเลขฐานสอง 000 ไปจนถึง 111 ดังภาพที่(ก.5) จะเป็นการ digitize สัญญาณโดยใช้ ADC 3 บิต

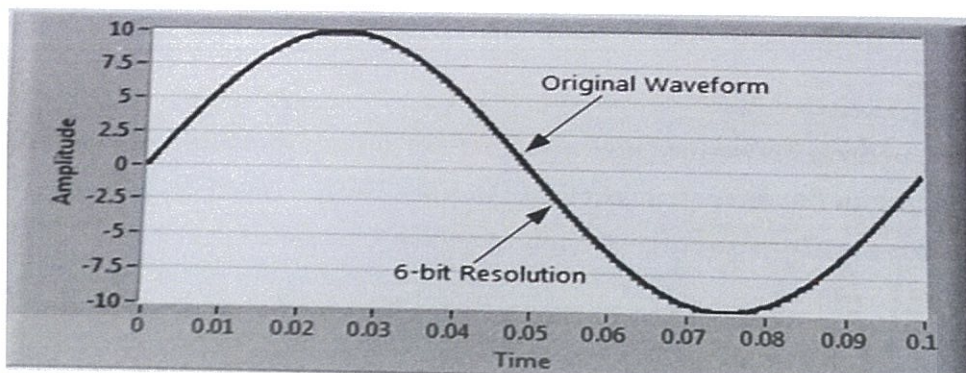


ภาพที่ ก.9 การ digitize สัญญาณ โดยใช้ ADC 3 บิต

ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาระบบการวัดและควบคุม(2554)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดสัญญาณที่ได้จะไม่ค่อยเหมือนกับต้นฉบับนัก เพราะถูกปัดค่าจนเพี้ยนไปมาก จนมองเห็นเป็นรูปขั้นบันได แต่ถ้าเราใช้ความละเอียดที่มากขึ้นก็จะได้ออกมาเป็นรูปที่ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากขึ้น เช่นการใช้ ADC ความละเอียด 6 บิต ก็จะสามารถแสดงระดับสัญญาณได้ถึง 64 ค่าดังนี้



ภาพที่ ก.10 การใช้ ADC ความละเอียด 6 บิต

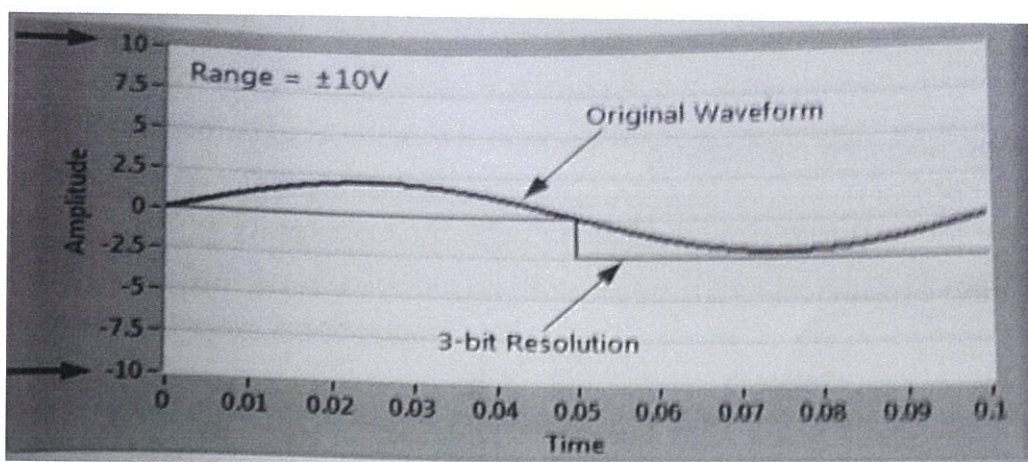
ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

เราจึงต้องพิจารณาเลือกอุปกรณ์รุ่นที่เหมาะสมกับสัญญาณที่เราต้องการวัด โดยในอุปกรณ์ DAQ จะมีให้เลือกตั้งแต่ว่า 12 บิต(4,096 ระดับ) ไปจนถึง 24 บิต(มากกว่า 16 ล้านระดับ)

ก.2.4.3 Range

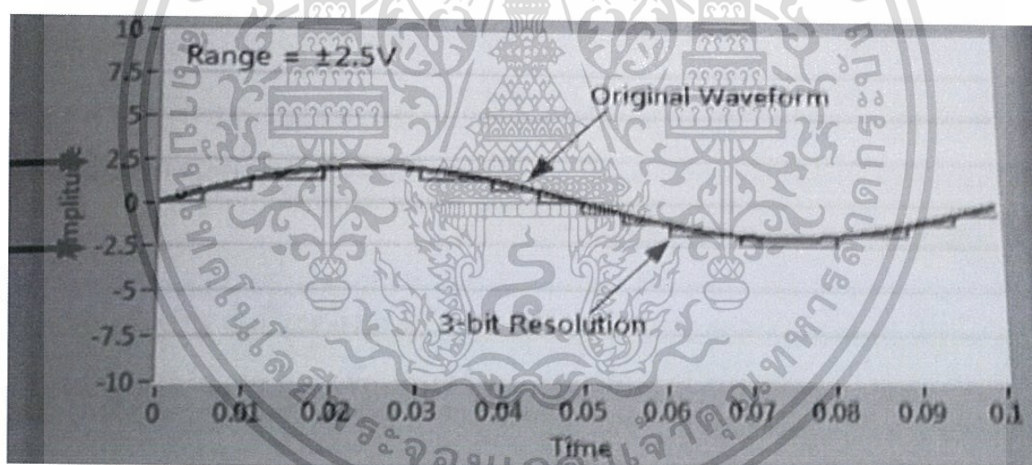
ความละเอียดของ ADC ในอุปกรณ์แต่ละรุ่นจะถูกกำหนดตายตัวจากผู้ผลิต ซึ่งซึ่งเราไม่สามารถแก้ไขได้ แต่เราสามารถเลือก Range ในการวัดให้เหมาะสมได้ เพื่อให้เราสามารถใช้ประโยชน์สูงสุดจากความละเอียดของ ADC ที่มีอยู่

Range คือการกำหนดความกว้างในขั้นตอนการทำ Digitization เช่นถ้าเรามี ADC ความละเอียด 3 บิต และตั้ง Range การวัดในช่วงกว้างที่สุดคือ -10V ถึง +10V (peak-to-peak = 20V) แต่สัญญาณที่จะวัดกลับเล็กกว่านั้นมาก จะทำให้เราได้ผลลัพธ์ที่หยาบกว่าปกติ โดยจะวัดได้ระดับละ 2.5V คำนวณได้จาก Range หารด้วยจำนวนระดับของ ADC, $(20/8 = 2.5)$ ดังแสดงในภาพที่(ก.7)



ภาพที่ ก.11 การตั้ง Range การวัดในช่วงกว้างที่สุดคือ -10V ถึง +10V
ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

แต่ในกรณีเดิม ถ้าเราตั้ง Range ให้แคบลงใกล้เคียงกับระดับสัญญาณเหลือ -2.5V ถึง +2.5V (peak-to-peak = 5V) เราจะสามารถ digitize สัญญาณ ได้ดีขึ้น โดยวัดได้ระดับละ 0.625V ดังแสดงในภาพที่ (ก.8)



ภาพที่ ก.12 การตั้ง Range การวัดในช่วงกว้างที่สุดคือ เหลือ -2.5V ถึง +2.5V
ที่มา : LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนากระบวนการวัดและควบคุม(2554)

ทั้งนี้ควรเข้าใจว่าการตั้ง Range ที่แคบจะสามารถตรวจวัดสัญญาณขนาดเล็กได้ดี แต่จะไม่สามารถตรวจวัดสัญญาณที่เกินระดับ Range ที่ตั้งไว้ได้

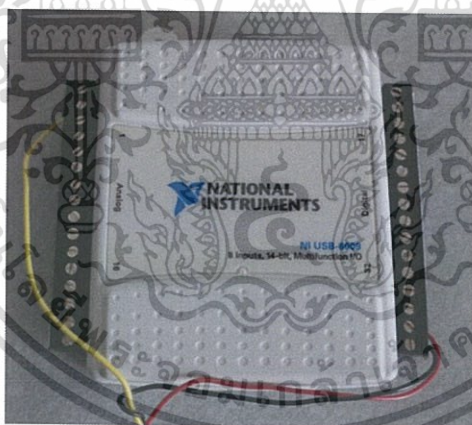
อุปกรณ์ DAQ จะอนุญาตให้เราตั้ง Range ได้จำกัดเฉพาะเพียงบางช่วง และบางอุปกรณ์ก็ไม่สามารถตั้ง Range อื่นได้เลยนอกจากค่ามาตรฐานเช่น $\pm 10V$ เราจึงควรศึกษาข้อจำกัดเหล่านี้จากคู่มือของอุปกรณ์แต่ละรุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.5 มารู้อุปกรณ์ NI DAQ

อุปกรณ์ NI DAQ ประเภทมัลติฟังก์ชันจะมีหน้าที่หลักอยู่สี่ระบบ ได้แก่ analog input, analog output, digital input/output, และ counter input/output (อุปกรณ์บางรุ่นอาจมีไม่ครบทุกหน้าที่ขึ้นอยู่กับการออกแบบ) โดยจะสามารถต่อเข้ากับพีซีได้หลายช่องทาง เช่น ทางช่อง USB, PCI, PCI Express, Ethernet หรือไร้สายแบบ Wi-Fi ซึ่งแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปให้เราเลือกใช้ เช่น ถ้าเราต้องการความเร็วในการรับส่งข้อมูลปริมาณมากๆ เราอาจจะเลือกอุปกรณ์แบบ PCI Express, แต่ถ้าต้องการใช้งานบนแล็ปท็อปก็อาจเลือกแบบ USB แทน, หรือถ้าระยะทางระหว่างอุปกรณ์กับพีซีอยู่ไกลกันมากก็อาจเลือกแบบ Ethernet เป็นต้น

ตัวอย่างอุปกรณ์ NI DAQ สามแบบโดยแบบแรกคือ NI USB-6009 ซึ่งเป็นรุ่นมัลติฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับใช้งานทั่วไป มีครบทั้งสี่หน้าที่ และเป็นอุปกรณ์ราคาต่ำ ใช้งานเชื่อมต่อกับพีซีแบบ USB โดยไม่ต้องต่อไฟเลี้ยงจากภายนอก แต่มีจำนวน I/O ตายตัว ไม่สามารถขยายเพิ่มได้ มีช่อง analog input ความละเอียดที่ 14 บิตแบบ multiplexed และไม่มี Signal conditioning ใดๆ ติดมาด้วย



ภาพที่ ก.13 NI USB-6009

ที่มา : <http://techt teach.no/tek dok/usb6009>

แบบที่สองถูกผลิตขึ้นมาสำหรับนักเรียนโดยเฉพาะ คือ NI myDAQ เป็นอุปกรณ์ USB ที่ไม่เน้นในเรื่องจำนวนแชนเนลในการวัด แต่จะเหมาะกับการทดลองที่หลากหลายกว่าอุปกรณ์ DAQ ทั่วไป เช่น การทดลองวงจรไฟฟ้า และการวิเคราะห์สัญญาณออดิโอ เป็นต้น เนื่องจาก myDAQ ใช้ไอซีคุณภาพสูงทำให้สามารถดึงและสร้างสัญญาณที่ความละเอียดและความถี่สูงได้กว่า และยังสามารถจ่ายไฟเลี้ยง $\pm 15V$ ให้กับเซ็นเซอร์หรือวงจรภายนอก รวมถึงยังมีดิจิทัลมัลติมิเตอร์ติดมาให้ใช้อีกด้วย

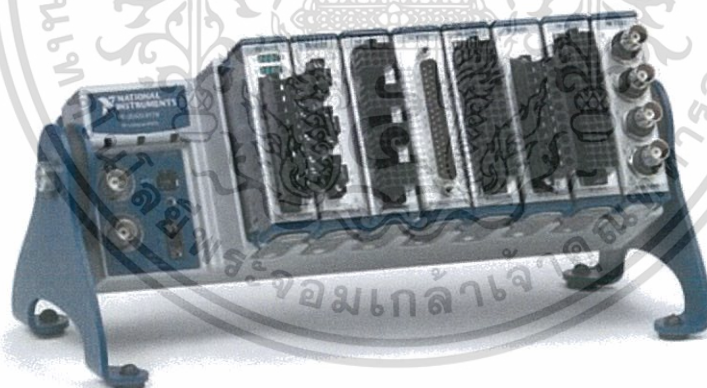
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.14 NI myDAQ

ที่มา : <http://physics.wku.edu/phys318/tag/day01>

และแบบสุดท้ายเป็นอุปกรณ์ในตระกูล NI CompactDAQ ซึ่งมีความสามารถและยืดหยุ่นสูงกว่าสองแบบแรก เพราะจะมีโมดูล Signal conditioning หลายแบบให้เราเลือกเองว่าต้องการวัดสัญญาณหรือสร้างสัญญาณประเภทไหนบ้าง และที่ช่องสัญญาณ ซึ่งเราจะมีอิสระในการเลือกใช้โมดูลที่มีให้มากกว่า 50 แบบในขณะนี้ และสามารถเลือกขนาดของ chassis ที่มีสล็อตเสียบ โมดูล ได้ทั้งแบบ 1, 4, และ 8 สล็อต รวมถึงวิธีการเชื่อมต่อกับพีซีที่มีให้เลือกทั้งแบบ USB, Ethernet, และ Wi-Fi



ภาพที่ ก.15 NI CompactDAQ

ที่มา : <http://www.ni.com/data-acquisition/compactdaq>

อุปกรณ์ NI DAQ ทุกรุ่นทุกแบบจะใช้ซอฟต์แวร์ไคร์เวอร์ชื่อว่า NI DAQmx ร่วมกัน ผู้ใช้จึงสามารถทดลองนำอุปกรณ์แบบใดก็ได้มาทำการทดลองศึกษา ในที่นี้เราจะทดลองใช้ myDAQ กับฟังก์ชัน analog input(AI), analog output(AO), digital input/output(DIO) และ counter input/output และจะใช้ CompactDAQ กับการดึงสัญญาณจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ด้วยโมดูล Signal conditioning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ความหมายของตัวแปรและวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)

ข.1 ความหมายของตัวแปร

ข.1.1 ตัวแปร (Variable)

ตัวแปรในทางสถิติหมายถึงสิ่งหรือลักษณะที่มีค่าต่าง ๆ กันที่ไม่คงที่ ค่าของตัวแปรสามารถจะมีค่าเป็นตัวเลข (Quantitative)

ข.1.1.1 จำนวนตัวแปร (Number of Variables)

จำนวนตัวแปรของข้อมูลในการวิเคราะห์ทางสถิติหนึ่งๆแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

ข.1.1.1.1 ตัวแปรเดี่ยว (Univariate Data) เช่น การวิเคราะห์สถิติเกี่ยวกับรายได้ต่อเดือนของหัวหน้าครอบครัวในเขตกรุงเทพมหานคร ตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือตัวแปรเดี่ยวของรายได้ต่อเดือนของหัวหน้าครอบครัว การรวบรวมสถิติสัดส่วนของอาชีพต่างๆในเขตกรุงเทพมหานคร ตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือตัวแปรเดี่ยวของอาชีพต่างๆ

ข.1.1.1.2 ข้อมูลสองตัวแปร (Bivariate Data) เช่น การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรายได้และรายจ่ายต่อเดือนของคนกรุงเทพมหานคร ดังนั้นข้อมูลสองตัวแปรคือรายได้ต่อเดือนและรายจ่ายต่อเดือน การวิเคราะห์หาผลกระทบของลักษณะการบรรจุสินค้านิตหนึ่ง 3 ประเภทต่อรายได้ของสินค้าดังกล่าวว่าแตกต่างกันหรือไม่ ข้อมูลสองตัวแปรคือรายได้ของสินค้าและลักษณะบรรจุภัณฑ์ของสินค้านั้นๆ

ข.1.1.1.3 ตัวแปรมากกว่าสองตัวแปร (Multivariate Data) เช่น การวิเคราะห์ผลกระทบของระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน เพศ ต่อเงินเดือนที่ได้รับ การแบ่งกลุ่มของสินค้าตามลักษณะต่างๆของสินค้านั้น เช่น แบ่งตามลักษณะของการใช้หรือบริโภค

จะพบว่าจำนวนตัวแปรเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติดังตัวอย่างบางส่วนที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ข.2 การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)

ข.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ข.2.1.1 ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (Functional Relationship or Deterministic Relationship) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และตัวแปร y ซึ่งวัดค่าของตัวแปรทั้งสองตัวแปรมีค่าแน่นอนและค่าของ y จะมีค่าคงที่โดยไม่มี ความคลาดเคลื่อนเมื่อทราบค่าของตัวแปร x

ข.2.1.2 ความสัมพันธ์เชิงสถิติ (Statistical Relationship)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และตัวแปร y โดยที่จะทราบค่าของตัวแปร y เมื่อทราบค่าของตัวแปร x แต่ค่าของ y จะมีค่าไม่คงที่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

ข.2.2 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุเป็นส่วนขยายของการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่ายคือ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแปร (X_1, X_2, \dots, X_{20}) กับตัวแปร Y ทั้งนี้เพราะการวิเคราะห์อาจมุ่งเน้นการประมาณหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามดังกล่าว เพื่อให้การประมาณค่าหรือการพยากรณ์มีประสิทธิภาพสูง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวอาจไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการสำรวจเกี่ยวกับความคิดเห็นของพนักงานระดับปฏิบัติงาน 30 คนของสถาบันการเงินมีชื่อแห่งหนึ่งที่มีหัวหน้าแผนก การบริหารส่วนรวมของหัวหน้าแผนก (Y) จะสัมพันธ์กับลักษณะการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับผู้ได้บังคับบัญชา (X_1) การเปิดโอกาสให้ผู้ได้บังคับบัญชาได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ (X_2) การแบ่งงานตามสายงานที่เหมาะสม (X_3) และการมีความสามารถของการเป็นผู้ได้บังคับบัญชา (X_4) หรือไม่ เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_1, X_2, \dots, X_{20} รูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง Y กับ X_1, X_2, \dots, X_{20} นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2.2.1 เชิงรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ไม่มีผลกระทบร่วมของตัวแปรอิสระ
(No Interaction)

ตัวอย่างเช่น กรณีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรคือ X_1 และ X_2 จะได้ตัวแบบ
ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + e_1 \quad (\text{ข.1})$$

ข.2.2.2 รูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นที่มีผลกระทบร่วมของตัวแปรอิสระ
(Interaction)

ตัวอย่างเช่น

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 + e_1 \quad (\text{ข.2})$$

ข.2.3 การคัดเลือกตัวแปรอิสระในสมการถดถอย (Selection of Independent Variables in a Regression Equation)

จากการวิเคราะห์ความถดถอยที่ได้อธิบายไว้ในบทก่อนๆ นั้นเรากำหนดตัวแปรอิสระที่สัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y ไว้ล่วงหน้าแล้วก่อนขั้นตอนการวิเคราะห์ต่างๆ โดยมีปัญหาของการวิเคราะห์ส่วนใหญ่แล้วเกี่ยวข้องกับรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระเหล่านั้นว่าถูกต้องหรือไม่ หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดต่างๆ (Assumptions) ของข้อมูล อย่างไรก็ตามการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลบางครั้งไม่สามารถกำหนดก่อนได้ว่าตัวแปรอิสระเป็นอะไรบ้าง ที่จะมีส่วนสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ซึ่งในกรณีเช่นนี้การคัดเลือกตัวแปรอิสระสำหรับสมการถดถอยจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญที่จะได้กล่าวต่อไป การศึกษาและวิเคราะห์ความถดถอยของข้อมูลบางครั้งสามารถกำหนดตัวแปรอิสระหรือรู้ว่าตัวแปรอิสระใดบ้าง ที่จะมีส่วนสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ทั้งนี้อาจเนื่องจากทฤษฎีเหล่านั้นเอง หรือด้วยเหตุผลอื่นๆ ที่สามารถรองรับการกำหนดตัวแปรอิสระเหล่านั้นไว้ล่วงหน้าแล้ว กรณีดังกล่าวการคัดเลือกตัวแปรอิสระสำหรับสมการถดถอยจะไม่มีผลจำเป็น และจะไม่เกิดขึ้น

ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องมีการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระใดที่ควรจะต้องอยู่ในสมการถดถอยแล้ว ขั้นตอนของการคัดเลือกตัวแปรเหล่านั้นควรจะต้องเกิดขึ้นก่อน และเมื่อทราบว่าตัวแปรอิสระใดสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y ขั้นตอนต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยดังกล่าวไปแล้วในบทก่อนๆ ทั้งหมดก็จะตามมา

ข.2.3.1 การคัดเลือกตัวแปรอิสระสำหรับสมการถดถอย

ประเด็นที่สำคัญของการคัดเลือก 2 ประเด็นคือ

ข.2.3.1.1 วิธีการคัดเลือกมีหลายวิธีการและวิธีการเหล่านี้มีขั้นตอนแตกต่างกันซึ่งซึ่งจะนำไปสู่การคัดเลือกกลุ่มของตัวแปรอิสระที่อาจแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกที่จะใช้วิธีการใด ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการที่จะนำสมการถดถอยที่ประมาณได้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้ว การที่จะเปรียบเทียบว่าสมการถดถอยที่ได้จากการคัดเลือกของวิธีหนึ่งจะดีกว่าวิธีอื่นนั้นไม่น่าจะเกิดขึ้น

ข.2.3.1.2 วิธีการคัดเลือกวิธีหนึ่งๆสามารถให้ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระได้มากกว่า 1 กลุ่ม

ข.2.3.2 วัตถุประสงค์หลักของการใช้ประโยชน์จากสมการถดถอย

ประโยชน์ของสมการถดถอยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆดังนี้ คือ

ข.2.3.2.1 การนำสมการถดถอยไปใช้ประโยชน์ช่วยสำหรับการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y ว่ามีผลกระทบจากปัจจัยหรือตัวแปรอิสระอะไรบ้าง

ข.2.3.2.2 การนำสมการถดถอยไปใช้ประโยชน์สำหรับการประมาณค่าหรือพยากรณ์ ทั้งนี้เพื่อจะใช้คาดการณ์ค่าของตัวแปรตาม Y เมื่อทราบว่าปัจจัยอะไรบ้างที่สัมพันธ์หรือส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ข.2.3.2.3 การนำสมการถดถอยไปใช้ประโยชน์เป็นเครื่องมือช่วยสำหรับการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าของ Y เมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงไป