สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกสับปะรด โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ

Evaluation of using some physical properties for pineapple classification

T 061841

นางสาวกันญา โกสุมภ์
นายปิยะพล เจริญสุข
นายสมชาย ปานะจินาพร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61841
วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกสับปะรด
โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ

Evaluation of using some physical properties
for pineapple classification

โดย

นางสาวกันญา โกสุมภ์

นายปิยะพล เจริญสุข

นายสมชาย ปานะจินาพร

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกสับปะรดโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ

Evaluation of using some physical properties for pineapple classification

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกันญา โกสุมภ์ รหัส 45015635
2. นายปิยะพล เจริญสุข รหัส 45015658
3. นายสมชาย ปานะจินาพร รหัส 45015675

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. สุวณี บุญมั่ง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วสุ อุดมเพทายกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกสับปะรดโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ

นางสาวกันญา โกสุมภ์ รหัส 45015635
นายปิยะพล เจริญสุข รหัส 45015658
นายสมชาย ปานะจินาพร รหัส 45015675
ดร.สุวณี บุญมั่ง อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วสุ อุดมเพทายกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อการศึกษาการคัดแยกความสุก-แก่ของสับปะรด โดยอาศัยความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพ (ความถี่สั่นพ้อง ความแน่นเนื้อ และ% Brix) จากการทดลองพบว่า ความถี่สั่นพ้องจะแปรผกผันกับความสุก-แก่ของสับปะรด กล่าวคือ สับปะรดดิบจะมีความถี่สั่นพ้องสูงกว่าสับปะรดสุก ความแน่นเนื้อก็จะแปรผกผันกับความสุก-แก่ของสับปะรดเช่นกัน ส่วน % Brix จะมีค่าน้อยเมื่อสับปะรดยังดิบอยู่และจะสูงขึ้นเมื่อสุก แต่ถ้าสับปะรดเน่ามาก % Brix อาจจะสูงขึ้นหรือลดน้อยลง จากการนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติทำให้สามารถสรุปได้ว่ามีเพียงความถี่สั่นพ้องกับความแน่นเนื้อเท่านั้นที่สามารถนำมาคัดแยกความสุก-แก่ในสับปะรดได้ โดยระดับความสุก-แก่ที่สามารถแบ่งได้มี 3 ระดับคือ ดิบ สุก และเน่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Evaluation of using some physical properties for pineapple classification

Kanya Kosum	45015635
Piyapon Charoensuk	45015658
Somchai Panajinaporn	45015675
Suwanee Boonmung	Advisor
Panmanuas Sirisomboon	Advisor
Vasu Udompetaikul	Advisor

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the use of three physical properties of pineapple (resonant frequency, hardness and percent Brix). The experimental results show that the resonant frequency of each pineapple has a reverse relationship to a ripeness of pineapple. The resonant frequency of a raw pineapple is higher than a ripe one. The hardness of a pineapple is reverse to its level of ripeness. The percent brix is either high or low, depending upon the state of rottenness. The statistical analysis shows that both the resonant frequency and the hardness could be used to grade the pineapple's ripeness. Only three ripen states could be graded, which are raw, ripe and rotten.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายท่านด้วยกัน ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

1. ดร. สุวณี บุญมั่ง
2. รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์
3. อาจารย์วสุ อุดมเพทายกุล
4. พี่กระวี และคณะ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
5. อาเล็ก อาเอี้ยง
6. พี่ทัย พี่ปุ๊

สุดท้าย คือ คุณพ่อ คุณแม่ ของเรา ที่ทำให้เรามีวันนี้ และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร และภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป-ภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสับปะรด	3
2.1.1 ประวัติของสับปะรด	3
2.1.2 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด	3
2.1.3 พันธุ์สับปะรด	4
2.1.4 พื้นที่สำหรับปลูกสับปะรด	5
2.2 มาตรฐานสับปะรดโรงงาน	6
2.3 ลักษณะสับปะรดที่โรงงานต้องการ	8
2.4 คุณภาพสับปะรดต่อการผลิตสับปะรดกระป๋อง	10
2.5 คุณสมบัติทางกายภาพ	12
2.5.1 เสียงกำทอนหรือความถี่สั่นพ้องของเสียง (Resonant Frequency)	12
2.5.1.1 การสั่นสะเทือน	12
2.5.1.2 การสั่นแบบมีความหน่วงและไม่มีความหน่วง	13
2.5.1.3 ตัวหน่วงการสั่น	13
2.5.2 สมบัติเชิงเนื้อสัมผัส	15
2.5.3 เปอร์เซ็นต์บริกซ์	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
3.1 อุปกรณ์	19
3.1.1 เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้	19
3.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	20
3.1.3 เครื่องวัด % Brix	21
3.1.4 สับปะรด	21
3.2 การทดลอง	21
3.2.1 การหาความถี่สั่นพ้องของสับปะรด	21
3.2.2 การหาค่า % Brix	22
3.2.3 การวัดสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด	23
3.2.4 การถ่ายรูป	24
3.3 ลักษณะการเก็บข้อมูล	25
3.3.1 การหาความถี่สั่นพ้องของสับปะรด	25
3.3.2 การหาค่า % Brix	26
3.3.3 การวัดสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด	27
3.3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
4.1 การทดลองครั้งที่ 1	29
4.2 การทดลองครั้งที่ 2	31
4.3 การทดลองครั้งที่ 3	34
บทที่ 5 บทสรุป	48
5.1 ข้อเสนอแนะ	49
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	58
ภาคผนวก ค	71
เอกสารอ้างอิง	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งชั้นคุณภาพของสับปะรด	7
3.1	สับปะรดที่ใช้ในการทดลอง	21
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง กับ % Brix	29
4.2	วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix ของจุดที่ทำการเคาะ	29
4.3	วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix แนวเดียวกับจุดที่เคาะ	30
4.4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t - Test) ระหว่างค่า % Brix ของการเก็บข้อมูลทั้งสองแบบ	30
4.5	วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่าความถี่สั่นพ้อง ของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล	30
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง % Brix และ Average Hardness	31
4.7	วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่าความถี่สั่นพ้อง ของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล	32
4.8	วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix ของจุดที่ทำการเคาะ	32
4.9	วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix แนวเดียวกับจุดที่เคาะ	32
4.10	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t - Test) ระหว่างค่า % Brix ของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล	32
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง %Brix และ Average Hardness	36
4.12	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า ความถี่สั่นพ้อง กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการแบ่งไว้ข้างต้น	39
4.13	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ระหว่างค่า % Brix กับกลุ่มความสุก - แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการแบ่งไว้ข้างต้น	40
4.14	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า Average Hardness กับกลุ่มความสุก - แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการแบ่งไว้ข้างต้น	41
4.15	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า ความถี่สั่นพ้อง กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.16	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า % Brix กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่	43
4.17	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า Average Hardness กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่	44
4.18	การนำค่าความถี่สั่นพ้อง , % Brix , Average Hardness มาทำการหาความสัมพันธ์เชิงเส้น	45
4.19	การนำค่าความถี่สั่นพ้องกับ Average Hardness มาทำการหาความสัมพันธ์	46
ก 1	% Brix จุดเดียวกับที่เคาะ	51
ก 2	% Brix ตามแนวยาวของจุดที่ทำการเคาะ	52
ก 3	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	53
ก 4	ขนาดของผลสับปะรด	57
ข 1	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	59
ข 2	% Brix จุดเดียวกับที่เคาะ	62
ข 3	% Brix เฉลี่ยแต่ละจุด	65
ข 4	ผลการทดลองที่ได้จากเครื่อง Texture Analyzer	68
ข 5	คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด	69
ข 6	ขนาดของผลสับปะรด	70
ค 1	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	75
ค 2	% Brix จุดเดียวกับที่เคาะ	77
ค 3	คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด	79
ค 4	ขนาดของผลสับปะรด	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ผลตอบสนองของการสั่นอย่างอิสระ	11
2.2	ผลตอบสนองของการสั่นอย่างอิสระแบบมีความหนืด (Dumped)	12
3.1	จุดที่อ่านค่าความถี่สั่นพ้องที่ได้จากการเคาะด้วย เครื่องทดสอบสมบัติเสียงสะท้อนของผักและผลไม้	25
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้องกับ % Brix	33
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับความถี่สั่นพ้อง	39
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ % Brix	40
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ Average Hardness	41
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับความถี่สั่นพ้อง	42
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ % Brix	43
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ Average Hardness	44
4.8	ความสัมพันธ์ของกลุ่มที่ได้ทำการคัดแยก	46
ค 1	ความถี่สั่นพ้องของสับปะรดแต่ละกลุ่ม	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	รูปของสับปะรด	3
2.2	ส่วนประกอบต่างๆ ของต้นสับปะรด	4
2.3	เขตเศรษฐกิจสำหรับสับปะรดส่งโรงงาน	5
2.4	แผนภาพการเจริญเติบโตของสับปะรด	6
2.5	เครื่องวัดความแก่และตรวจหาความกลวงในแตงโมที่ใช้ในญี่ปุ่น	17
3.1	เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้	20
3.2	เครื่องทดสอบหาเนื้อสัมผัสของผลไม้	20
3.3	เครื่องทดสอบวัด % Brix	21
3.4	การวัดความถี่สั่นพ้อง	22
3.5	การวัดหา % Brix	23
3.6	การวัด % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ	26
3.7	การวัด % Brix ตามแนวยาวของจุดที่ทำการเคาะ	26
4.1	ลักษณะเนื้อของสับปะรดในกลุ่มต่าง ๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรเป็นสินค้าหลักของประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรสามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอันดับต้น ๆ ซึ่งสินค้าทางด้านการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งคือ สับปะรด โดยส่วนใหญ่จะถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรดเข้มข้น ฯลฯ ปัญหาที่มีความสำคัญมากประการหนึ่งของผู้ผลิตหรือผู้ส่งออกคือ การควบคุมคุณภาพของสินค้าให้ได้ตรงตามความต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ดังนั้นการคัดคุณภาพของสับปะรดก่อนที่จะนำไปทำการแปรรูปเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้นมีความสำคัญมาก เพราะการที่จะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพนั้นย่อมที่จะมาจากวัตถุดิบที่ดีมีคุณภาพด้วยเช่นกัน

ในปัจจุบันการคัดแยกสับปะรดก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานแปรรูปสับปะรดในรูปแบบต่าง ๆ ยังคงต้องใช้คนที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการคัดแยก โดยการใช้ไม้หรือมีดเคาะฟังเสียง เพื่อตรวจสอบระดับคุณภาพของสับปะรด ซึ่งได้แก่ ความสุกแก่ และความสมบูรณ์ของเนื้อภายในของผลสับปะรด ซึ่งการคัดแยกวิธีนี้มีความแม่นยำในระดับต่ำจึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการคัดแยก ดังนั้นจึงทำให้เกิดแนวคิดในการที่จะทำการศึกษาถึงการคัดแยกสับปะรดโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ระดับความหวาน ความแน่นเนื้อ ความถี่ธรรมชาติ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรด

1.2.2 ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพ

1.2.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกสับปะรดโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรด

1.3.2 สามารถนำความสัมพันธ์ดังกล่าว ไปทำการสร้างเครื่องต้นแบบที่จะใช้ในการคัดแยกสับปะรด

1.3.3 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าวิธีการคัดแยกสับปะรดที่มีประสิทธิภาพต่อไป

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรด คือ

1. % Brix
2. ความถี่สั่นพ้อง
3. คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัส

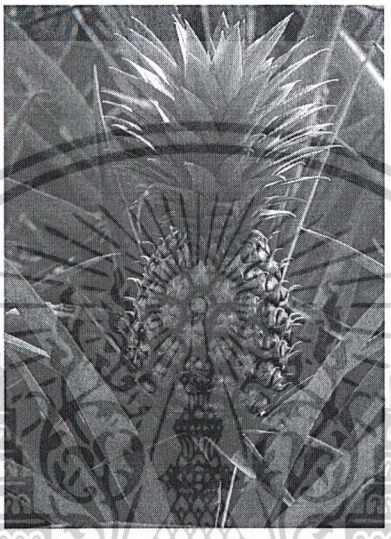
ซึ่งถ้าหากคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดทั้ง 3 ข้อข้างต้น มีความสัมพันธ์กัน ก็ทำการสร้างเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการคัดแยกสับปะรดแบบอัตโนมัติต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสับปะรด



ภาพที่ 2.1 รูปของสับปะรด

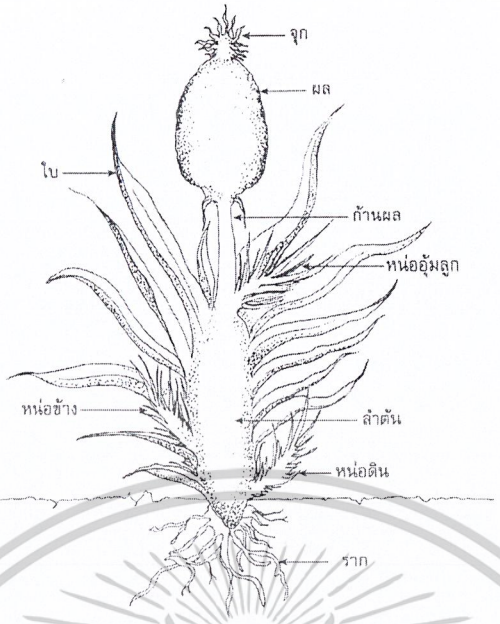
2.1.1 ประวัติของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบลาตินอเมริกา ซึ่งอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ เขตระหว่างเส้นละติจูด 15-30 องศาใต้และลองติจูด 40-60 องศาตะวันตก คือ แถบประเทศบราซิล อาเจนตินา และประเทศปารากวัย สับปะรดได้ถูกนำเข้ามาในเมืองไทยเมื่อสมัยกรุงศรีอยุธยาโดยชาวโปรตุเกส (จิราพรรณ,พิมพ์ครั้งที่1)

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีอายุหลายปี อยู่ในวงศ์โบรมิเลียซี (Bromeliaceae) สกุลอานานาส (Ananas comosus L. Merr.) เป็นพืชที่ทนแล้งมากชนิดหนึ่ง เพราะมีคุณสมบัติพิเศษในการรักษาน้ำให้อยู่ในลำต้น และใบได้ดี คือปากใบจะอยู่ใต้ใบ และปากใบจะเปิดในตอนกลางคืน เพื่อรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเก็บสะสมไว้ในรูปกรด เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน การเปิดของปากใบในตอนกลางคืนจะทำให้การระเหยของน้ำออกจากใบน้อย เมื่อเทียบกับพืชอื่นๆ ซึ่งต้นสับปะรดประกอบส่วนต่างๆ ที่สำคัญ คือ ลำต้น ใบ ดอก ผล ก้านผล จุก ตะเกียง หน่อ และราก ดังแสดงในภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของต้นสับปะรด

โดยผลของสับปะรดมีรูปทรงคล้ายกระบอก ตอนล่างของผลจะมีหน่อเล็กๆ เรียกว่าตะเกียง (Slip) บริเวณตอนบนของผลอาจจะมีจุกซึ่งประกอบไปด้วยใบสั้นๆ อัดกันแน่นอาจมีหน่อเล็กๆ ออกมาทางด้านข้างเรียกหน่อนี้ว่า จุกตะเกียง (Crown Slip) ตะเกียงและจุกตะเกียงในสับปะรดบางพันธุ์อาจไม่มี ในระหว่างที่ผลแก่แป้งที่เก็บไว้ในแกนจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงจะขยายออกไปทางด้านข้างทำให้สับปะรดมีรสชาดที่หวานขึ้น ผลสับปะรดจะเป็นผลรวมที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อยประมาณ 100-200 ผล โดยอัดกันแน่นประสานเป็นเนื้อเดียวกัน ผลของสับปะรดโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2.2 กิโลกรัม

2.1.3 พันธุ์สับปะรด

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้คือ 1. พันธุ์ปัตตาเวีย 2. พันธุ์อินทรชิต 3. พันธุ์ขาว 4. พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี 5. พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึง รายละเอียดของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชาและชื่ออื่นๆ เช่น ปราณบุรี สามร้อยยอด ปลูกกันมากเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ลำปาง และการปลูกกันทั่ว ๆ ไป เพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมาก ลักษณะทั่ว ๆ ไป คือ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลาง ผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2 - 6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม ทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้น มีไส้ใหญ่ เนื้อเหลืองอ่อน แต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี

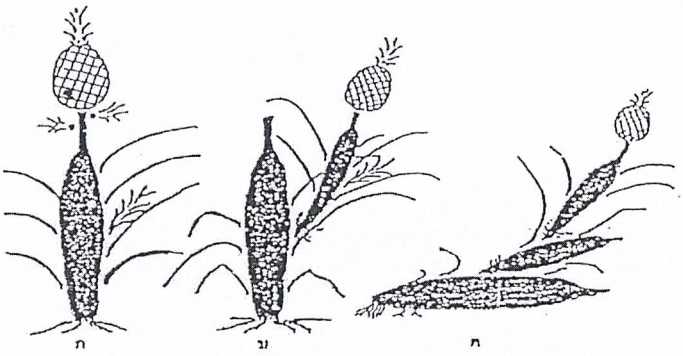
2.1.4 พื้นที่สำหรับปลูกสับปะรด

พื้นที่ปลูกสับปะรดที่สำคัญอยู่ในภาคกลาง คือจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีเนื้อที่ให้ผลผลิตตลอดปีกว่าร้อยละ 50 ของเนื้อที่ให้ผลผลิตทั้งประเทศ รองลงมาได้แก่ ระยอง เพชรบุรี และชลบุรี ภาคเหนือปลูกมากที่ อุทัยธานี และลำปาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือปลูกมากที่หนองคาย และภาคใต้ที่ ชุมพร ดังแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 เขตเศรษฐกิจสำหรับสับปะรดส่งโรงงาน

สับปะรดสามารถปลูกได้เกือบทุกเดือน แต่ในช่วงที่เหมาะสม คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนพฤษภาคม ระบบการปลูกสับปะรดที่นิยมใช้กันอยู่มี 2 วิธี คือ 4 ปี (ไว้หน่อครั้งเดียว) สามารถเก็บผลได้ 2 ครั้ง และระบบ 5 ปี (ไว้หน่อ 2 ครั้ง) ซึ่งเก็บผลได้ 3 ครั้ง โดยสับปะรดที่ให้ผลครั้งแรกเรียกว่า สับปะรดรุ่น1 (Mother หรือ First Crop) ซึ่งจะเก็บผลเมื่ออายุประมาณ 18 เดือน สับปะรดรุ่นต่อไปเรียกว่า สับปะรดตอ 4 และตอ 2 (First และ Second Ratoon Crop) ซึ่งจะเก็บผลเมื่อปลูกไว้ประมาณ 3 ปี และ 4.5 ปี แต่ขนาดของผลและผลิตผลจะลดลงตามลำดับ ซึ่งแผนภาพการเจริญเติบโตดังภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แผนภาพการเจริญเติบโตของสับปะรดจากรุ่น 1 (Mother Crop; ก) และสับปะรดตอ 1 และตอ 2 (First และ Second Ratoon Crop; ข .และ ค)

2.2 มาตรฐานสับปะรดโรงงาน

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 29 มีนาคม 2543 กำหนดมาตรฐานสับปะรดโรงงานของประเทศไทยมีรายละเอียดดังนี้ (Tipco, 2547)

1. นิยาม (Definition) สับปะรดโรงงานซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า "สับปะรด" ในมาตรฐานนี้ หมายถึง ผลไม้ที่มีชื่อทางการค้าและมีชื่อสามัญว่า "สับปะรด" (Pineapple) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Ananas comosus (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae เพื่อใช้สำหรับการแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง ส่วนความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้มีดังต่อไปนี้

สุก หมายถึง สับปะรดแก่ เนื้อมีสีเหลือง

ดิบ หมายถึง สับปะรดอ่อน เป็นโพรงสีขาว

เสีย หมายถึง สับปะรดเน่า สุกเกินไป เนื้อมีสีเหลืองใส มีกลิ่นโอ่ หรือมีกลิ่นบูด เหม็นเปรี้ยว ขั้วขึ้นรา แดดเผาจนเนื้อเป็นสีดำ หรือมีรอยสัตว์กัดแทะ รวมทั้งบาดแผลจากของมีคม

ช้ำ หมายถึง สับปะรดที่มีรอยช้ำ เมื่อใช้มือกดจะยุบลง

แดดเผา หมายถึง สับปะรดที่มีรอยไหม้ที่เปลือกชัดเจน เมื่อปาดดูจะเห็นเนื้อสีซีดเป็นโพรง

ผลแกน หมายถึง เนื้อสับปะรดแข็งกระด้าง มีสีขาวหรือน้ำตาลถึงดำ

2. ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ (Provisions Concerning Quality)

2.1 คุณภาพขั้นต่ำ ทุกชั้นคุณภาพตามมาตรฐานนี้ สับปะรดจะต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้

- เป็นสับปะรดสดทั้งผล ไม่มีจุกและก้านผล
- เป็นสับปะรดสดที่สุกได้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีลักษณะคุณภาพที่ดี ปราศจากผลแกน ไม่ช้ำ ไม่มีตำหนิที่เห็นได้ชัด และไม่เน่าเสีย
- สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอมและปนเปื้อน เช่น ทราย หรือน้ำมัน
- ไม่มีกลิ่นหรือรสที่ผิดปกติ
- ไม่มีการแคะจุกหรือเดาะจุก
- ไม่มีเชื้อราที่ขั้ว
- ปลอดจากศัตรูพืชและความเสียหายอันเนื่องมาจากศัตรูพืช รวมทั้งบาดแผลที่เกิดจากรอยมีคม หรือของมีคมโดยการตรวจสอบด้วยสายตา

สับปะรดต้องผ่านการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง ตามกระบวนการเก็บเกี่ยว และการดูแลภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

2.2 การแบ่งชั้นคุณภาพ (Classification) แบ่งเป็น 2 ชั้นคุณภาพดังนี้

(1) ชั้นหนึ่ง (Class I)

(2) ชั้นสอง (Class II)

2.2.1 สภาพความสมบูรณ์ภายนอก ในทุกชั้นคุณภาพ สับปะรดต้องมีคุณภาพดี ตรงตามพันธุ์ ปลอดจากศัตรูพืช ผลปลอดจากตำหนิหรือมีตำหนิที่ผิวได้เล็กน้อย โดยไม่มีผลต่อรูปลักษณ์คุณภาพ และคุณภาพการเก็บรักษา และมีขนาดตามข้อกำหนดเฉพาะเรื่องขนาด

2.2.2 สภาพความสมบูรณ์ภายใน ในทุกชั้นคุณภาพ เนื้อสับปะรดต้องมีลักษณะปกติและมีความสุกไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 หรือสุกไม่มากเกินไป (เนื้อมีสีเหลืองใส มีกลิ่นโอ่) และมีไนเตรทในเนื้อสับปะรดไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3. ข้อกำหนดเฉพาะเรื่องขนาด (Size Specification) สับปะรดในแต่ละชั้นคุณภาพต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะดังนี้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชั้นคุณภาพของสับปะรด

ชั้นคุณภาพ	เส้นผ่าศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	ความยาวผล (เซนติเมตร)
ชั้นหนึ่ง (Class I)	10.5 – 15.5	ไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางผล
ชั้นสอง (Class II)	9.0 – 10.4	ไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางผล

หมายเหตุ: เส้นผ่าศูนย์กลางผลวัดที่บริเวณที่กว้างที่สุดของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ข้อกำหนดเรื่องการจัดเรียง (Provisions Concerning Presentation)

การบรรจุและขนส่ง (Packing and Transportation) ต้องจัดเรียงสับปะรดในพาหนะขนส่งให้เป็นระเบียบและแน่น เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการกระแทกอันจะมีผลต่อคุณภาพสับปะรด พาหนะขนส่งต้องสะอาด ปราศจากกลิ่นแปลกปลอม และต้องควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนที่มีผลต่อคุณภาพสับปะรด ระหว่างการขนส่ง

5. เอกสารประกอบการขาย (Sale Document)

5.1 ข้อมูลผู้ขาย (Identification) ต้องระบุชื่อที่อยู่ของผู้ขาย

5.2 ข้อมูลแหล่งผลิต (Origin of Produce) ต้องระบุจังหวัดแหล่งที่ปลูกในประเทศไทย

6. สารปนเปื้อน (Contaminants) ห้ามใช้สารเคมีที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ไม่อนุญาต และห้ามใช้สารเร่งให้สับปะรดสุกโดยไม่ได้รับคำแนะนำจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นอันขาด

7. สุขลักษณะ (Hygiene) ผลิตผลในมาตรฐานนี้ให้ดำเนินการไปตามหลักการทั่วไปของการปฏิบัติที่ถูกต้องทางการเกษตร (Good Agricultural Practice : GAP)

8. เกณฑ์การชักตัวอย่างและการวิเคราะห์ (Sampling and Analysis Procedures)

8.1 เกณฑ์การชักตัวอย่าง

8.1.1 รถบรรทุกขนาดเล็ก เช่น รถปิคอัพ สุ่มหยิบไม่น้อยกว่า 2 ครั้งๆ ละไม่น้อยกว่า 20 ผล หรือตามน้ำหนักรถบรรทุก ตันละไม่น้อยกว่า 16 ผล

8.1.2 รถบรรทุกขนาดใหญ่ เช่น รถ 6 ล้อ และ 10 ล้อ สุ่มหยิบไม่น้อยกว่า 3 ครั้งๆ ละไม่น้อยกว่า 20 ผล หรือตามน้ำหนักรถบรรทุก ตันละไม่น้อยกว่า 10 ผล

8.2 เกณฑ์การวิเคราะห์

ไนเตรท วิเคราะห์ไนเตรทด้วยวิธีรวดเร็วที่กึ่งกลางผล ความลึก 2.5 – 3.75 เซนติเมตร จากเปลือกผิว โดยใช้ไนเตรทสตริป (Nitrate Strip) และเทียบสีกับค่ามาตรฐาน

2.3 ลักษณะสับปะรดที่โรงงานต้องการ

ดังที่ทราบกันแล้วว่าอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทยมีการขยายตัวค่อนข้างมาก เนื่องจากชาวต่างประเทศนิยมบริโภคกัน เพราะว่ามีรสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง ดังนั้นในการที่จะส่งออกสับปะรดกระป๋องให้มากขึ้น สับปะรดกระป๋องจะต้องมีคุณภาพดี ซึ่งคุณภาพดีนั้นควรเริ่มต้นที่วัตถุดิบคุณภาพดี กล่าวคือสับปะรดต้องมีคุณภาพดี (Tipco , 2547)

สับปะรดที่ทางโรงงานรับซื้อจะมีคุณภาพต่างจากสับปะรดสดที่ใช้บริโภค โดยคุณภาพที่โรงงานต้องการเพื่อให้ได้สับปะรดกระป๋องที่มีคุณภาพดี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความสุกพอดี

1.1 ทางโรงงานจะรับซื้อสับปะรด ที่มีความสดปานกลาง ไม่สุกจัด อย่างสับปะรดสำหรับบริโภคสด และไม่สุกมากจนมีกลิ่นส่าเหล้า โดยสังเกตได้จากสีเปลือกที่มีตาสุกประมาณ 2 – 6 ตา

1.2 สับปะรดที่เปลือกสีเขียวทั้งลูก ถ้าเนื้อภายในสุกเหลืองมากกว่าครึ่งลูกโรงงานจะรับซื้อถือเป็นสับปะรดสุก

2. สับปะรดที่มีเนื้อภายในเน่าหรือช้ำ

2.1 สับปะรดช้ำ เนื่องจากถูกกด กระแทก โยน ที่มีรอยช้ำมากกว่า 25 % ของลูกโรงงานจะไม่รับซื้อ

2.2 สับปะรดเน่า หมายถึง สับปะรดที่มีกลิ่นเสียทุกชนิด ซึ่งอาจจะเป็นกลิ่นบูดเปรี้ยว กลิ่นเน่า กลิ่นหญ้าเสีย รวมทั้งสับปะรดไส้เน่า สับปะรดเหล่านี้โรงงานจะคัดแยกออกและไม่รับซื้อ

3. สับปะรดเนื้อแกน สับปะรดที่มีเนื้อในเป็นแกนดำมากกว่า 50 % ของผลโรงงานจะไม่รับซื้อ

4. สับปะรดแดดเผา

4.1 สับปะรดแดดเผาชนิดไม่รุนแรง คือ สับปะรดที่โดนแดดเผาทำให้เนื้อในเป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงดำ แต่สับปะรดยังไม่มีกลิ่นเน่า การตัดและตรวจจะถือเป็นสับปะรดแกนดำ ซึ่งโรงงานอาจจะซื้อในราคาต่ำกว่าปกติ

4.2 สับปะรดแดดเผาชนิดรุนแรง คือ สับปะรดที่โดนแดดเผาจนกระทั่งเนื้อในเป็นสีดำ และมีกลิ่นเน่าเสีย จะถือเป็นสับปะรดเน่า โรงงานจะไม่ซื้อ

5. สับปะรดที่มีสารตกค้างและสิ่งแปลกปลอม เช่น

5.1 น้ำมันหรือสารเคมี ทางฝ่ายโรงงานจะไม่รับซื้อ เช่น กลิ่นน้ำมัน คราบน้ำมันหรือสารเคมีตกค้างอยู่บนสับปะรด

5.2 สับปะรดที่มีสารไนเตรทสูง

5.2.1 สับปะรดที่มีสารไนเตรทไม่เกิน 25 ส่วนในล้านส่วน ถือว่าเป็นสับปะรดดี

5.2.2 สับปะรดที่มีสารไนเตรทมากกว่า 25 ส่วนในล้านส่วน โรงงานจะไม่ซื้อ

5.3 สิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ เช่น เศษไม้ ตะปู เป็นต้น หากพบว่ามีติดอยู่ที่ลูกสับปะรด โรงงานจะไม่รับซื้อ รวมทั้งเนื้อสับปะรดที่มีสีไม่ปกติ เช่น สีเขียว สีดำ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สับปะรดเก็บเกี่ยวไว้นานแล้ว

6.1 สับปะรดมีราขึ้นที่ขั้ว หากพบว่ามีราขึ้นที่ขั้วมากกว่า 30 % โรงงานจะไม่รับซื้อ

6.2 สับปะรดที่ตกค้างหรือแช่น้ำ มีกลิ่นอับ โรงงานจะไม่รับซื้อ

7. สับปะรดลูกเล็ก คือ สับปะรดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 – 10 เซนติเมตร ซึ่งโรงงานจะรับซื้อในราคาต่ำ ส่วนสับปะรดที่มีขนาดเล็กกว่า 7.5 เซนติเมตร โรงงานจะไม่ซื้อ

8. สับปะรดที่มีรอยสัตว์ต่าง ๆ กัดแทะ เช่น หนู และอื่น ๆ โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.4 คุณภาพสับปะรดต่อการผลิตสับปะรดกระป๋อง

ในอุตสาหกรรมการแปรรูปทุกชนิดจะต้องมีขั้นตอนของการตรวจสอบและคัดเลือกคุณภาพของวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้าขบวนการผลิตเสมอ การตรวจสอบนี้ก็เพื่อความแน่ใจว่าวัตถุดิบตรงตามความต้องการ ซึ่งหลายท่านคงเคยได้ยินคำกล่าวที่ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ดีย่อมมาจากวัตถุดิบที่ดี ในแง่ของผู้ผลิตแล้วคงไม่มีผู้ใดที่จะผลิตของที่ดีและมีคุณภาพจากวัตถุดิบที่ไม่ดีและด้อยคุณภาพได้

สำหรับคุณภาพสับปะรดที่ทางโรงงานรับซื้อนั้น เกษตรกรหรือพ่อค้าสับปะรดบางท่านคงเกิดความสงสัยว่า ทำไมทางโรงงานถึงต้องคัดสับปะรดบางส่วนคืน ไม่สามารถซื้อได้ทั้งหมด และถ้าจะรับสับปะรดที่ถูกคัดคืนเข้ามาทำการผลิตจะมีผลอย่างไรกับทางโรงงาน เหตุที่ทางโรงงานไม่สามารถรับซื้อได้ดังนี้

1. สับปะรดดิบ

สาเหตุที่ไม่สามารถรับซื้อสับปะรดดิบได้นั้น เนื่องจากเมื่อนำสับปะรดดิบมาบรรจุกระป๋อง สับปะรดจะมีสีขาว รสชาติจืดไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและสับปะรดดิบยังมีสารไนเตรทมาก ซึ่งสารนี้จะกัดกร่อนดีบุกที่เคลือบกระป๋องทำให้กระป๋องดำอีกด้วย ซึ่งเป็นปัญหามากต่อผู้ผลิต

2. สับปะรดเนื้อแกน

สับปะรดเนื้อแกนที่เข้ามาในกระบวนการผลิตจะถูกนำไปทำน้ำสับปะรดเฉพาะเนื้อแกนขาวหรือเนื้อแกนที่เริ่มออกสีน้ำตาลอ่อนเท่านั้น ส่วนเนื้อแกนที่มีสีน้ำตาลหรือสีดำ ทางโรงงานต้องทิ้งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3. สับปะรดเน่า

สับปะรดเน่าหรือเริ่มเน่า ทางโรงงานไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลย แม้แต่เอามาทำน้ำเพราะจะทำให้น้ำสับปะรดปกติมีกลิ่นและรสชาติผิดไป และสับปะรดที่เน่าจะไปช่วยเร่งปฏิกิริยาให้น้ำสับปะรดปกติเกิดการเน่าเสียเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สับปะรดช้ำ

สับปะรดที่บรรจุกระป๋องจะไม่ใช้สับปะรดที่มีรอยช้ำหรือลักษณะช้ำที่มองเห็น เพราะเมื่อผ่านขบวนการผลิตแล้วเนื้อจะเละไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค สับปะรดช้ำจะถูกนำไปทำน้ำเท่านั้น ซึ่งทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดเพราะถ้าตลาดมีความต้องการน้ำสับปะรดน้อย ทางโรงงานก็ไม่สามารถจะรับซื้อสับปะรดช้ำมาทำน้ำสับปะรดได้

5. สับปะรดแดดเผา

ทางโรงงานจะรับสับปะรดที่เป็นแดดเผาชนิดไม่รุนแรง เพราะมีบางส่วนของลูกที่ไม่ถูกแดดเผาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยจะบรรจุอยู่ในรูปของสับปะรดชิ้น ส่วนที่ถูกแดดเผาไม่มากยังไม่เป็นสีน้ำตาล – ดำ หรือมีกลิ่น ทางโรงงานจะต้องทิ้งเท่านั้น ส่วนแดดเผาชนิดรุนแรงทางโรงงานไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เลย

6. สับปะรดมีสารไนเตรท

สับปะรดที่มีสารไนเตรทตกค้างเกินกำหนดของโรงงาน โรงงานไม่สามารถรับซื้อได้ในราคาปกติ สับปะรดเหล่านี้ไม่สามารถนำมาบรรจุกระป๋องได้ เพราะสารไนเตรทที่มากับเนื้อสับปะรดนี้จะทำปฏิกิริยากับกระป๋องทำให้กระป๋องมีสีดำเกิดการกัดกร่อนของกระป๋อง อายุการเก็บสั้นลง สับปะรดเหล่านี้ทางโรงงานนำมาทำน้ำสับปะรดเข้มข้นเท่านั้น แต่ก็ยังเป็นเรื่องที่เสี่ยงอยู่ เพราะลูกค้าบางรายได้นำน้ำสับปะรดเข้มข้นมาบรรจุกระป๋อง สารไนเตรทที่มีอยู่จะทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับสับปะรดกระป๋อง

7. สับปะรดที่มีน้ำมัน / จาระบี / สี

ทางโรงงานไม่สามารถนำสับปะรดเหล่านี้มาทำการผลิตได้ ไม่ว่าจะเป็นสับปะรดกระป๋องหรือน้ำสับปะรด เพราะสารพวกนี้จะทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ผิดไปและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

8. สับปะรดมีบาดแผล / หนูเจาะ

ทางโรงงานไม่สามารถรับซื้อสับปะรดที่มีบาดแผลได้ เพราะสับปะรดเหล่านี้มีโอกาสที่จะปนเปื้อนสิ่งสกปรกหรือเน่าได้ถ้าไม่ได้เข้าสู่กระบวนการผลิตทันที ส่วนรอยหนูเจาะนั้นมีโอกาสที่จะปนเปื้อนเชื้อโรคหรือขนหนู ซึ่งเป็นการยากที่ทางโรงงานจะตรวจสอบได้

9. สับปะรดมีขั้ว - จุกติด

เนื่องจากขั้ว – จุกที่ติดมากับสับปะรด มีผลต่อการทำงานของเครื่องปลอกเปลือก เครื่องไม่สามารถจะตัดจุก – ขั้วได้ และอาจทำให้เครื่องเสียหายได้ และลูกที่ผ่านการปลอกเปลือกออกมาจะเบี้ยวไม่สามารถทำเป็นแว่นบรรจุกระป๋องได้

10. ลักษณะอื่น ๆ

10.1 ลูกเล็ก ทางโรงงานไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้

10.2 สับปะรดแช่น้ำ เนื่องจากความผิดปกติของกลิ่นไม่สามารถนำมาบรรจุกระป๋องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.3 ผลที่มีวัสดุแข็งติดมาด้วย เช่น ตะปู และอื่น ๆ จะทำให้เครื่องปอกเปลือกเสียหาย

2.5 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายอย่าง แต่ที่จะกล่าวถึงในครั้งนี้มีอยู่ 3 คุณสมบัติ คือ

2.5.1 เสียงกำทอนหรือความถี่สั่นพ้องของเสียง (Resonant Frequency)

เสียงกำทอน หรือการสั่นพ้องเสียง การเกิดกำทอน เป็นลักษณะของเสียงหรือคลื่นอย่างหนึ่งที่เกิดจากการที่มีคลื่นความถี่ใหม่เกิดขึ้นซ้อนเข้ามาในช่วงความถี่เสียงเดิมที่มีอยู่ และความถี่ใหม่นี้มีความถี่เท่ากันกับของเดิม จึงทำให้มีความเข้มเพิ่มขึ้นจากเดิม หรือแอมปลิจูดของการสั่นจะมีค่าสูงกว่าปกติ ทำให้ได้ยินเสียงดังกว่าเดิม ซึ่งในบางครั้งเสียงที่เกิดขึ้นใหม่นั้น อาจจะมีความถี่ต่ำกว่าระดับการได้ยิน แต่เมื่อรวมกับเสียงอื่นๆ ที่มีความถี่เดียวกันก็เกิดความเข้มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้วัตถุที่อยู่ใกล้มีการสั่นสะเทือนขึ้นทำให้เกิดเสียงดัง เช่น ความถี่เสียงที่เกิดจากเครื่องจักรซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าที่จะได้ยิน แต่ความถี่ที่เกิดขึ้นนั้นทำให้สิ่งอื่นๆ ที่สัมผัสเกิดการสั่นสะเทือนขึ้น ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าเกิดการกำทอน หรือการสั่นพ้องเสียง (กฤษฎา , 2545)

ความถี่สั่นพ้องของผลไม้เป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่ง ที่สามารถใช้ระบุคุณภาพของผลไม้ได้ (กระวี , 2547) การตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่ใช้ความถี่สั่นพ้องเป็นตัวชี้วัดคุณภาพนี้มีประโยชน์ เนื่องจากสามารถตรวจสอบผลิตผลที่จะวางจำหน่ายทุกหน่วยได้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลนั้นๆทำให้สามารถประกันคุณภาพผลิตผลได้ การตรวจสอบคุณภาพโดยพ่อค้า/แม่ค้าแบบไม่ทำลายได้มีการปฏิบัติกันอยู่กับทุเรียน แตงโม สับปะรด ผลไม้จะถูกเคาะและฟังเสียง ซึ่งเป็นการตรวจสอบระดับคุณภาพได้แก่ ความแก่และความสมบูรณ์ของเนื้อภายในผลไม้ ทำได้โดยอาศัยประสบการณ์ในการคัดแยก สิ่งเหล่านี้มีความไม่แน่นอนสูงและขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคลด้วย

การตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ด้วยความถี่สั่นพ้อง ทำได้โดยการนำเครื่องมือจากต่างประเทศที่สามารถแปลงสัญญาณเสียงเคาะจากรูปแบบ Time domain เป็น Frequency domain

2.5.1.1 การสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนทางกลนั้นสามารถจำแนกออกได้หลายแบบด้วยกัน แต่ในที่นี้จะทำการศึกษาการสั่นสะเทือนอยู่ 2 แบบ คือ (ธนู , 2540)

- การสั่นสะเทือนแบบอิสระ (Free Vibration) คือการสั่นสะเทือนของระบบในลักษณะที่หลังจากมีการรบกวนระบบที่หยุดนิ่งอยู่ที่จุดสมดุลครั้งแรกเพื่อให้เกิดการสั่นขึ้นแล้ว การสั่นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินต่อไปโดยไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำกับระบบอีกเลย การรบกวนระบบอาจเป็นการทำให้เกิดการขจัดเริ่มต้นหรือเกิดความเร็วเริ่มต้นหรือทั้งสองแบบรวมกันก็ได้ ดังรูปที่ 2.1

- การสั่นแบบบังคับ (Forced Vibration) คือการสั่นของระบบภายใต้แรงกระทำจากภายนอก ซึ่งแรงกระทำจากภายนอกนี้อาจจะเป็นแรงในลักษณะซ้ำตัวเองหรือไม่ซ้ำตัวเองก็ได้ การสั่นในลักษณะนี้ก็เช่น การสั่นเนื่องจากความไม่สมดุลของเครื่องจักรที่เกิดการหมุน สิ่งหนึ่งที่เราจะพบกับการสั่นแบบบังคับก็คือหากว่าความถี่ของแรงที่กระทำกับระบบนั้นไปพ้องกับความถี่ธรรมชาติของระบบพอดี การสั่นที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีช่วงกว้างการสั่นที่สูงมาก เราเรียกการสั่นในลักษณะนี้ว่าการสั่นพ้อง (Resonance) ซึ่งผลของการสั่นพ้องนี้มักจะทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่กำลังเกิดการสั่นอยู่ ดังนั้นในการออกแบบวิศวกรมักจะหลีกเลี่ยงการเกิดการสั่นพ้องของระบบ ยกเว้นในระบบที่ต้องการให้เกิดการสั่นมากๆ เช่น ในลำโพงขนาดใหญ่ เป็นต้น

2.5.1.2 การสั่นแบบมีความหน่วงและไม่มีความหน่วง

- การสั่นแบบไม่มีความหน่วง (Undamped Vibration) หมายถึง การสั่นที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมของระบบ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแรงเสียดทานหรือแรงต้านอื่นใด ซึ่งเมื่อระบบเคลื่อนที่แบบไม่มีความหน่วงจะทำให้พลังงานรวมของระบบในระหว่างการเคลื่อนที่นี้มีค่าคงที่ การสั่นที่ไม่มีความหน่วงของระบบในความเป็นจริงจะเกิดขึ้นได้ในอวกาศเท่านั้น เพราะวัตถุที่เกิดการเคลื่อนที่ โดยทั่วไปแล้วจะเกิดการสูญพลังงานบ้างอย่างน้อยที่สุดก็จะสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานกับอากาศรอบข้าง สำหรับระบบที่เกิดการสั่นแบบไม่มีความหน่วงและเป็นการสั่นแบบอิสระความถี่ของการสั่นของระบบจะเรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ซึ่งความถี่ธรรมชาตินี้ถือว่าเป็นปริมาณที่มีความสำคัญมากในการออกแบบเพื่อป้องกันการสั่นของอุปกรณ์หรือโครงสร้าง

- การสั่นแบบมีความหน่วง (Damped Vibration) คือการสั่นที่เกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างเกิดการเคลื่อนที่ของระบบไม่ว่ามาจากสาเหตุใดก็ตาม ซึ่งเป็นผลให้พลังงานรวมของระบบมีค่าน้อยลง โดยทั่วไปแล้วการสั่นตามสภาพความเป็นจริงนั้นจะเป็นการสั่นแบบมีความหน่วงทั้งสิ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.5.1.3 ตัวหน่วงการสั่น

ตัวหน่วงการสั่น (Damper) เป็นอุปกรณ์ที่จำลองขึ้นเมื่อใช้อธิบายระบบที่มีการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการเคลื่อนของระบบ เพราะในระบบที่มีการสั่นเกิดขึ้นนั้นโดยทั่วไปแล้ว จะต้องมีการสูญเสียพลังงานบ้างไม่มากก็น้อย ซึ่งรายละเอียดของตัวหน่วงการสั่นทั้งสามแบบมีดังต่อไปนี้

- ตัวหน่วงเนื่องจากความหนืด (Viscous Damping)

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านของไหลที่มีความหนืด จะเกิดแรงเสียดทานระหว่างของแข็งและของไหลขึ้น จึงทำให้วัตถุเกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างการเคลื่อนที่ขึ้น โดยแรงเสียดทานที่ว่านี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุนั้นด้วย เรานิยมเรียกอุปกรณ์นี้ว่า ตัวหน่วงเนื่องจากความหนืด (Viscous

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Damping) ซึ่งตัวหน่วงประเภทนี้จะเป็นตัวหน่วงแบบนี้จะพบเห็นบ่อยที่สุดในระบบการสั่นเชิงกล อุปกรณ์ตัวหน่วงแบบนี้ที่เราพบเห็นกันอยู่เป็นประจำก็คือ โช๊คอัพของรถ ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้น้ำมันหรือก๊าซเป็นของไหลก็ตาม

- ตัวหน่วงการสั่นแบบแรงเสียดทานระหว่างของแข็ง (Coulomb Damping)

ในการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนของแข็งด้วยกันนี้เราจะพบว่ามีแรงเสียดทานเกิดขึ้น ซึ่งแรงเสียดทานระหว่างของแข็งกับของแข็ง (Dry Friction) หรือเราเรียกอีกแบบหนึ่งว่า ตัวหน่วงแบบคูลอมบ์ (Coulomb Damping) ตัวหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทานประเภทนี้จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเร็วหรือการขจัดของวัตถุ แต่จะขึ้นกับประเภทของวัตถุที่สัมผัสกันอยู่และแรงที่กระทำระหว่างวัตถุทั้งสอง สำหรับทิศทางของแรงต้านประเภทนี้จะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ

- ตัวหน่วงการสั่นเนื่องจากความไม่ยืดหยุ่นของวัสดุ (Hysteretic Damping Structural Damping)

เมื่อวัตถุใดๆ ก็ตามหากรับภาระกรรมอยู่ในช่วงยืดหยุ่น เมื่อนำภาระกรรมนั้นออก วัตถุจะกลับสู่สภาพเดิมและไม่เกิดพลังงานตกค้างขึ้นในเนื้อวัสดุ แต่ถ้าหากว่าการให้ภาระกรรมนั้นทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปเลยช่วงยืดหยุ่นไป เมื่อนำภาระกรรมออกวัตถุจะไม่คืนรูปสู่สภาพเดิม และจะมีพลังงานในการเปลี่ยนรูปตกค้างอยู่ในวัตถุ ดังนั้นเราอาจกล่าวได้ว่า ในการให้ภาระกรรมในลักษณะนี้จะเกิดการสูญเสียพลังงานขึ้น สำหรับวัตถุที่เป็นวัสดุเหนียวเมื่อมีการให้ภาระกรรมเลยช่วงยืดหยุ่นเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในช่วงการให้ภาระกรรมและการลดภาระกรรมจะไม่เป็นเส้นทางเดียวกัน

สมการการเคลื่อนที่แบบอิสระ

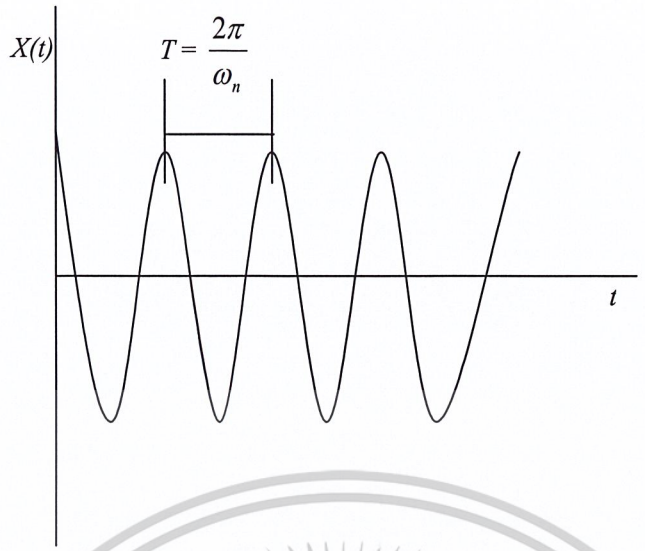
$$X(t) = A_1\cos\omega_n t + A_2\sin\omega_n t \quad \text{---------- (1)}$$

โดย A_1 และ A_2 คือ ค่าคงที่ซึ่งจะสามารถหาค่าได้จากสภาวะเริ่มต้นการสั่นของระบบ

ω_n คือ ความถี่ธรรมชาติ $\left(\text{natural Frequency}, \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}\right)$

t คือ ช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ผลตอบสนองของการสั่นอย่างอิสระ

รูปที่ 2.2 ผลตอบสนองของการสั่นอย่างอิสระแบบมีความหนืด (Dumped)

2.5.2 สมบัติเชิงเนื้อสัมผัส (Texture)

เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างต่อการจัดการกับผักและผลไม้ ในปัจจุบันมีการตรวจวัดความแน่นเนื้อโดยการประเมินจากค่าตังต่อไปนี้

1. แรงที่ใช้เพื่อให้ได้ Deformation ที่กำหนด
2. Deformation ที่เกิดขึ้นภายใต้แรงมาตรฐาน
3. อัตราส่วนของ Force กับ Deformation ของวัตถุที่ทำการทดสอบเมื่อมีแรงมากระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความหนาแน่นเนื้อของวัสดุเกษตรและอาหารมีค่าต่าง ๆ กันไป ถึงแม้จะเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน เช่น ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดแป้งสตาร์ชมีค่าเกือบเท่ากับเจลของเม็ดแป้งสตาร์ชหรือความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดข้าวโพดแตก ๆ มีค่ามากกว่าเมล็ดข้าวโพดเต็มเมล็ด (ปานมนัส , 2538)

2.5.3 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix)

% Brix หมายถึง ปริมาณน้ำตาลที่มีในสารละลายของแข็ง สเกลของ % Brix เป็นชื่อหลังของนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ Adolf Brix สเกลของ % Brix เป็นค่าที่ใช้เพื่อแสดงความเข้มข้นออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของสิ่งที่บรรจุอยู่ในปริซึม ซึ่งเป็นสารละลายของแข็ง เช่น น้ำตาล โปรตีน กรด และอื่น ๆ โดย % Brix ที่อ่านได้จะเป็นค่ารวม ๆ ของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งเป็นของความเข้มข้นของสารละลายของแข็งที่มีอยู่จริง ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องดื่ม ก มี ข อยู่ 100 เปอร์เซ็นต์ และอ่านค่า % Brixได้ 12.4 เปอร์เซ็นต์ เลขตัวนี้จะเป็นค่ามาตรฐานของทั้งหมด และตัวควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นี้คือระดับความเข้มข้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

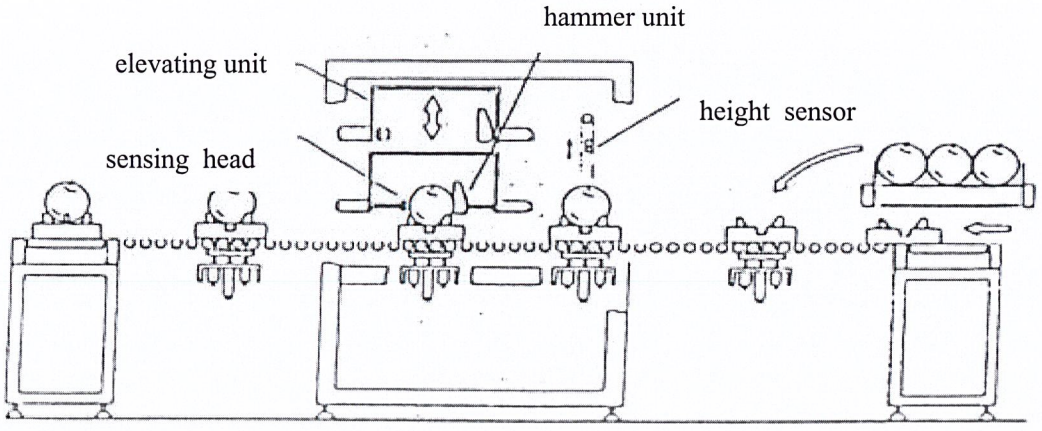
Clark (1975) ได้สร้างเครื่องมือวัดความสุกของผลไม้ เครื่องมือนี้ทำงานโดยใช้ลำโพงเป็นต้นกำเนิดคลื่นการสั่นผ่านตัวผลไม้ แล้วใช้ลำโพงอีกตัวหนึ่งตรวจจับคลื่นการสั่นที่ผลไม้สามารถส่งผ่านออกมาที่ด้านตรงข้ามโดยสัญญาณที่ได้จะถูกป้อนกลับไปยังลำโพงต้นกำเนิดเพื่อเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณต้นกำเนิด เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ หลักการทำงานนี้มาจากข้อเท็จจริงที่ว่า ผลไม้ที่อ่อนจะแข็งกว่าลูกที่สุก นอกจากนี้ยังพบว่าผลไม้จำพวกแตงโม เมื่อยังอ่อนอยู่จะสามารถส่งผ่านคลื่นการสั่นภายในผลไม้ได้ดีกว่าลูกที่สุก (กระวี , 2547)

Chen (1992) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตอบสนองคลื่นเสียงในแอปเปิลพบว่าระดับของเสียงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ ค่าความถี่สั่นพ้องค่าที่หนึ่งและค่าที่สอง (First and second resonant frequencies) ของผลแอปเปิล นอกจากนี้วิธีการเคาะเพื่อฟังเสียงและการวางหรือจับประคองผลแอปเปิลไม่ส่งผลกระทบต่อ ความถี่สั่นพ้อง แต่มีผลกับค่า Amplitude ของการสั่นในความถี่สั่นพ้องตั้งแต่ค่าที่สองขึ้นไป

Kouno และคณะ (1993) ได้สร้างเครื่องมือวัดความแก่และความกลวงในแตงโมขึ้น โดยใช้หลักการเคาะและวัดเสียงที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.5 เครื่องวัดความแก่และตรวจหาความกลวงในแตงโมที่ใช้ในญี่ปุ่น

ที่มา: Kouno และคณะ (1993)

เครื่องนี้ (ภาพที่ 2.5) ระบบลำเลียงเป็นถาดลำเลียง เครื่องวัดความสูงของแตงโมก่อนด้วย sensor วัดความสูง ความสูงนี้จะถูกนำไปคำนวณน้ำหนักของแตงโม เนื่องจากน้ำหนักและเส้นผ่าศูนย์กลางหรือความสูงของแตงโมมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงและความสูงยังนำไปกำหนดตำแหน่งเคาะบนแตงโมซึ่งตำแหน่งการเคาะจะอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งของความสูง เมื่อวัดเสร็จถาดจะนำแตงโมมายังจุดวัดเสียง ระบบวัดเสียงประกอบด้วยไมโครโฟน 3 ตัว วางห่างกัน 90 องศา โดยตำแหน่งสุดท้ายจะติดตั้งก้านเคาะ ระบบจะเลื่อนลงมาที่จุดศูนย์กลางแตงโม ก้านเคาะทำหน้าที่เคาะและไมโครโฟนจะรับเสียงที่เกิดขึ้น ส่งสัญญาณเสียงไปยังชุดวิเคราะห์ หลังจากทำการคำนวณและเปรียบเทียบแล้ว ชุดวิเคราะห์จะส่งสัญญาณบอกเกรดของแตงโม และสัญญาณบอกว่าแตงโมกลวงหรือไม่ไปที่ถาด โดยบนถาดจะมีสัญญาณแสดงเกรดและความกลวงอยู่

ชูศักดิ์ (2539) และกลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว กองเกษตรวิศวกรรม ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือเคาะและเก็บสัญญาณเสียง (Sonic response technique) สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical property) ของทุเรียนแบบไม่ทำลาย (Non-destructive) ขึ้นเพื่อวิเคราะห์หาความถี่สั่นพ้อง Power Spectrum และ Power Spectrum Density โดยใช้ Fast Fourier Transform พบว่าเทคนิคและค่า parameter ดังกล่าวมีความเป็นไปได้สูงในการวัดคุณภาพของทุเรียน โดยความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความสุกแก่ต่าง ๆ ของทุเรียนหมอนทอง เช่น สีเปลือก ความห่างของหนาม และ Sensory test ต่าง ๆ กับ Sonic response parameters มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient of correlation) ระหว่าง 0.75 ถึง 0.81

กระวี และคณะ (2547) ได้ออกแบบสร้างเครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้ (ภาพที่ 2.6) ที่สามารถวิเคราะห์และบันทึกสัญญาณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เปรียบเทียบกับเครื่อง Analyzing Recorder ยี่ห้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61841

YOGOKAWA รุ่น AR1200 เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อนประกอบด้วย โมโครโฟน ก้านเคาะอลูมิเนียม Solenoid มีส่วนประกอบที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คือ วงจรรับและขยายสัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะ วงจร Serial Port Interface และวงจรควบคุม Solenoid การทดสอบทำกับเหล็ก , พลาสติก , ไม้ และวัสดุเกษตร 2 ชนิด ได้แก่ สับปะรดเนื้อ 1 สับปะรดเนื้อ 2 แตงโม (ความบริบูรณ์ของการเจริญเติบโต 70% และ 100%) และวิเคราะห์หากราฟสมบัติเสียงสะท้อน คือ Power Spectrum Density (PSD) สัมพันธ์กับความถี่ (frequency) ผลการทดสอบปรากฏว่าลักษณะของกราฟความถี่สั่นพ้องของวัสดุเกษตรที่ได้มีความสอดคล้องกับเครื่อง Analyzing Recorder และค่าสูงสุด - ต่ำสุดของค่าเฉลี่ยของความถี่สั่นพ้องที่ได้ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้

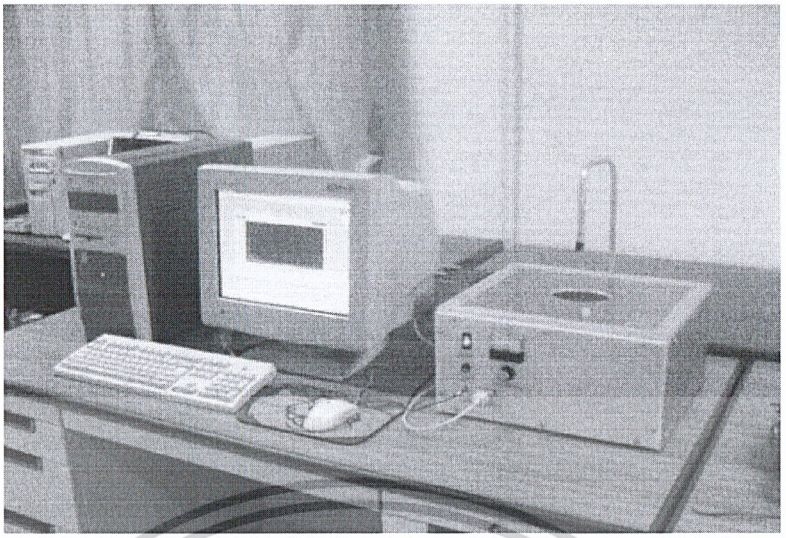
เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้ (ภาพที่ 3.1) จะใช้โปรแกรม LabView 6i ในการวิเคราะห์สัญญาณเสียง โดยนำสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนของเครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อนต่อเข้ากับการ์ดเสียง (Sound Card) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ และเชื่อมต่อสายสัญญาณจากพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน เมื่อ Run program แล้วคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณควบคุม Relay ผ่านทางพอร์ตอนุกรม เข้าสู่ วงจร Interface เพื่อเปิด - ปิด การทำงานของ Solenoid ส่วนปลายแกนกระทุ้งของ Solenoid จะต่อกับกลไกการเคาะด้วยก้านอลูมิเนียมและหัวเคาะที่ทำจากพลาสติก สัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นจากการเคาะผลไม้ของหัวเคาะ จะถูกส่งเข้าสู่โปรแกรม LabView 6i ผ่านทางไมโครโฟน วงจรรับและขยายสัญญาณเสียงเข้าสู่ Sound Card ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการแปลงสัญญาณจาก Time domain ด้วย Function Fast Fourrier Transform (FFT) ภายในโปรแกรมเป็นสัญญาณ Frequency domain ต่อไป

โดยไมโครโฟน มีคุณสมบัติดังนี้

- Output Impedance = 2.2 kΩ
- Sensitivity = -62 dB ± 4 dB (at 1 kHz)
- Frequency Response = 100 Hz – 10 kHz
- S/N Ration = > 40 dB (at 1 kHz)
- Omni – Directional

ขนาดหัวเคาะทำจากวัสดุโพลิเมอร์ มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกปลายมน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร และมีระยะห่างจากหัวเคาะถึงผลสับปะรด 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้

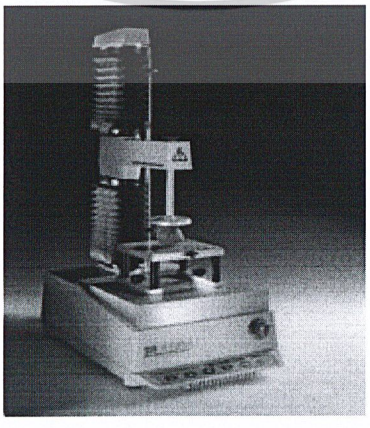
ที่มา: กระวี และคณะ (2003)

3.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT2I)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับหาการเสียรูปของวัสดุที่นำมาทำการทดสอบเมื่อมีแรงมากระทำกับวัสดุ แล้วใช้ข้อมูลการเสียรูปขณะทดสอบมาหาสมบัติเชิงเนื้อสัมผัส เช่น ความแข็ง(Hardness) ความแน่นเนื้อ(Firmness) Modulus of Elasticity เป็นต้น โดยเครื่อง Texture Analyser จะมีหัวกด 2 แบบ คือ

- หัวกดแบบแผ่นแบน ซึ่งหัวกดแบบแผ่นแบนนี้จะเหมาะสำหรับใช้หาค่า Modulus of Elasticity , อัตราการเสียรูป และความแน่นเนื้อของผลไม้

- หัวกดแบบแกนทรงกระบอก ซึ่งหัวกดแบบนี้จะเหมาะสำหรับใช้หาค่า Bioyield Force , Rupture Force , Toughness เป็นต้น

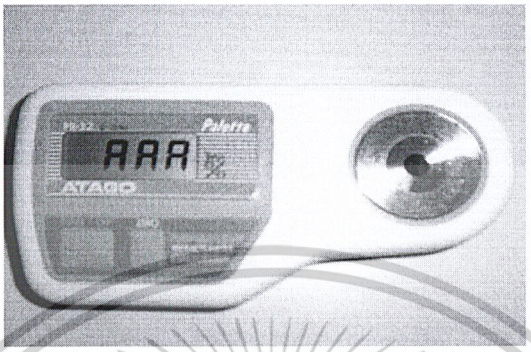


ภาพที่ 3.2 เครื่องทดสอบหาเนื้อสัมผัสของผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เครื่องวัด % Brix (Atago PR-32)

เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการหักเหของแสงเมื่อตกกระทบกับสารละลายของแข็งที่อยู่ในปริซึม แล้วเครื่องก็ทำการแก้ปัญหาที่พบจากนั้นก็แสดงผลออกมาในรูปของ % Brix



ภาพที่ 3.3 เครื่องทดสอบวัด % Brix

3.1.4 สับปะรด

ตารางที่ 3.1 สับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่	จำนวนสับปะรด (ผล)	ซื้อสับปะรดจาก	ระยะเวลาในการทดสอบ (วัน)
1	30	อ. เมือง จ. ประจวบฯ	2
2	35	อ. ปลวกแดง จ. ระยอง	2
3	81	อ. ปลวกแดง จ. ระยอง	2

3.2 การทดลอง

3.2.1 การหาความถี่สั่นพ้องของสับปะรด

อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน 1 เครื่อง
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคล ที่ติดตั้งโปรแกรม LabView 6i 1 เครื่อง
3. ไมโครโฟนและอุปกรณ์ขยายสัญญาณเสียง 1 ชุด
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 3 กิโลกรัม ความละเอียด 0.01 กรัม 1 เครื่อง
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ 1 อัน
6. สับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สายต่อสัญญาณ , สายไฟฟ้า , ฯลฯ

วิธีการทดลอง

1. ทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณต่างๆ ระหว่างเครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

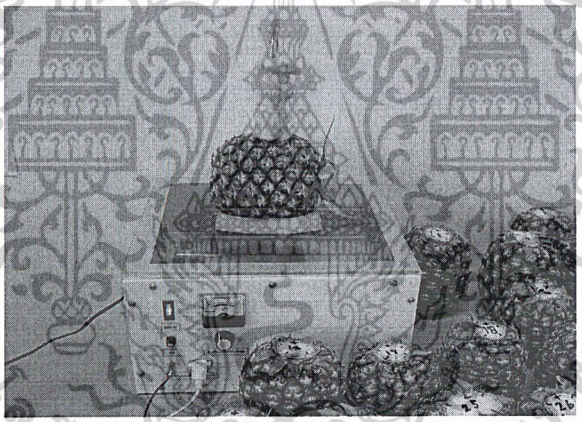
2. ชั่ง วัดและบันทึก น้ำหนักและขนาดของสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง พร้อมกับขีดตำแหน่งที่ต้องการเคาะบนสับปะรด

3. นำสับปะรดวางบนพลาสติกเหนือเครื่องให้ตำแหน่งที่เคาะตรงกึ่งกลางของช่องที่เจาะไว้และ จากนั้นเลื่อนไมโครโฟนของเครื่องให้เข้าใกล้สับปะรดมากที่สุด

4. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ Solenoid เป็น 25 โวลท์ คงที่

5. Run โปรแกรม LabView 6i เพื่อสั่งให้ Solenoid ทำการเคาะสับปะรด

6. บันทึกกราฟระหว่างความถี่สั่นพ้องกับแอมปลิจูด และข้อมูลเชิงตัวเลขของกราฟที่ได้จากโปรแกรม LabView 6i



ภาพที่ 3.4 การวัดความถี่สั่นพ้อง

3.2.2 การหาค่า % Brix

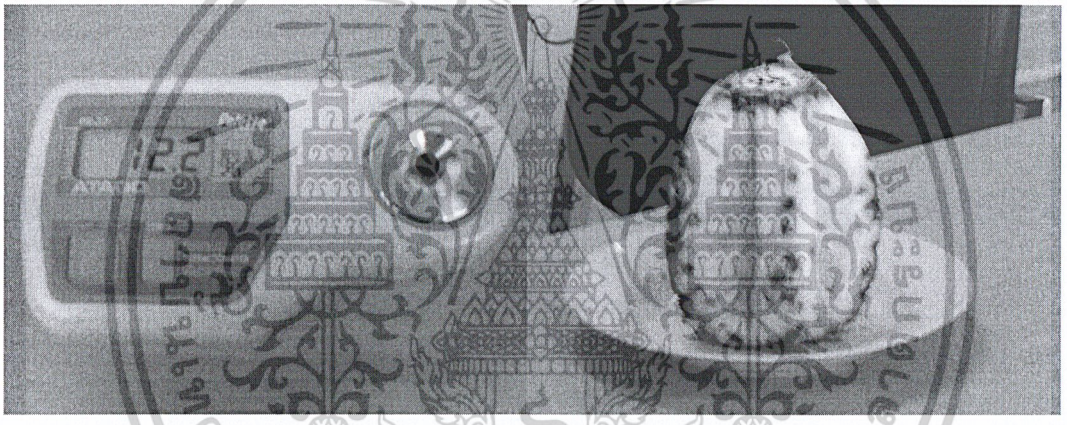
อุปกรณ์การทดลอง

1. Refractometer	1 เครื่อง
2. สับปะรด (อ. ปลวกแดง จ.ระยอง)	30 ผล
3. มีด	1 ด้าม
4. บีกเกอร์ ขนาด50 มล.	1 ใบ
5. กระดาษชำระ	5 ม้วน
6. น้ำกลั่น	1 ขวด
7. สับปะรด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ทำการ Calibrate เครื่อง โดยใช้น้ำกลั่นหยดลงบนปริซึม พร้อมทั้งกดสตาร์ทเครื่องเพื่อให้เครื่องอ่านค่า โดยค่าที่ได้จะเป็นศูนย์ % Brix
2. ปอกเปลือกของสับปะรดออกแล้วใช้มีดตัดเนื้อในส่วนที่ต้องการออกมาคั้นน้ำ
3. หยดน้ำกลั่นลงบนปริซึมแล้วใช้กระดาษชำระเช็ดปริซึมให้สะอาด
4. หยดน้ำที่ได้จากการคั้นวัสดุลงบนปริซึม
5. กดสตาร์ทเครื่องเพื่อให้เครื่องทำการอ่านค่า
6. บันทึกค่าที่ได้จากการอ่านบนหน้าปัด
7. หยดน้ำกลั่นลงบนปริซึมจากนั้นใช้กระดาษชำระเช็ดทำความสะอาดอีกครั้ง



ภาพที่ 3.5 การวัดหาเปอร์เซ็นต์% Brix

3.2.3 การวัดสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด

อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่อง Texture Analysers พร้อมฐานเรียบ และตัวล็อค 1 เครื่อง
2. หัวกดแบบแผ่นแบน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร 1 หัว
3. ตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม 1 อัน
4. สับปะรด

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเปิดโปรแกรม Texture Analysers
2. ทำการ Calibrate เครื่อง Texture Analysers

2.1 Calibrate Force โดยใช้ตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม

2.2 Calibrate Probe โดยใช้หัวกดแบบแผ่นแบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการกำหนดค่าที่ใช้ในการวัด (T.A. Settings)

3.1 OPTION; Return to Start

3.2 MODE; Dist./Comp.

3.3 Parameter

- Pretest Speed 2.0 mm/s.
- Test Speed 0.2 mm/s.
- Post Speed 2.0 mm/s.
- Force 50 N

4. ทำการกำหนดค่าการวัด (Run a Test)

4.1 กำหนด File Id:

4.2 กำหนด File No:

4.3 กำหนด Drive:

4.4 Probe and Product Data; P75 75mm COMPRESSION PLATEN

4.5 วางสับปะรดบนฐานเรียบ โดยวางให้ส่วนที่กว้างที่สุดตั้งฉากกับฐาน

4.6 กดปุ่ม OK เพื่อเริ่มทำการวัด

การกำหนดค่า T.A. Settings และ Run a Test จะกำหนดเพียงแค่ครั้งเดียว เมื่อทำการกำหนดค่าต่างๆ เสร็จแล้ว ให้ทำการวัดค่าตามขั้นตอนที่ 4.5 และ 4.6 จนครบจำนวนสับปะรดที่ต้องการ

3.2.4 การถ่ายรูป

อุปกรณ์การทดลอง

กล้องถ่ายรูป โซนี่ Cybershot 4.0 เมกกะพิกเซล

วิธีการทดลอง

1. ปรับตั้งกล้องถ่ายรูปให้ได้ระยะห่าง และความเข้มแสงที่เหมาะสม
2. ผ่าสับปะรดที่ได้ทำการทดลองตามแนวยาวของผลออกเป็น 2 ส่วน
3. ทำการถ่ายรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ลักษณะการเก็บข้อมูล

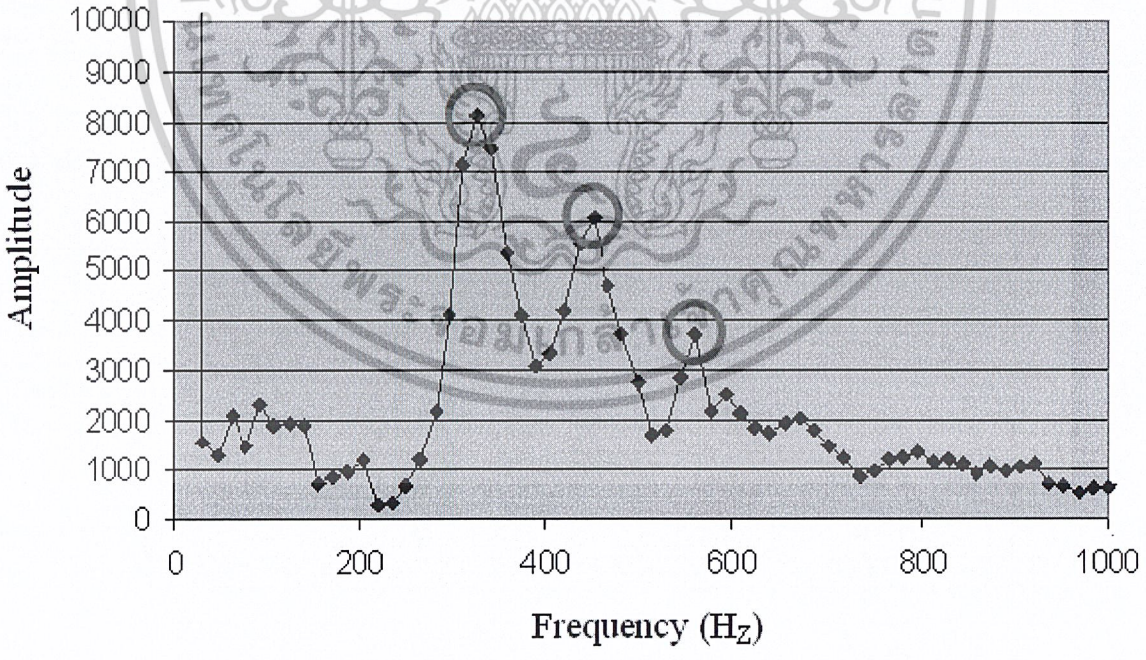
3.3.1 การหาความถี่สั่นพ้องของสับปะรด

จากการทดลองความถี่สั่นพ้องของสับปะรด สามารถอ่านค่าความถี่สั่นพ้อง ได้โดยตรงจากกราฟที่ได้จากการทดลอง แต่เนื่องจากการอ่านค่าสามารถทำได้ล่าช้า จึงได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาแปลงลงในโปรแกรม Excel เพื่อให้สามารถอ่านค่าความถี่สั่นพ้องได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะได้ชุดข้อมูลของ Amplitude มา 1 ชุด มี 256 ค่า จากนั้นสร้างชุดข้อมูลของความถี่อีกหนึ่งชุด โดยให้ช่วงความถี่ห่างกันช่วงละ 15.625 Hz จนถึงความถี่สูงสุดที่เราต้องการวัดคือ 4000 Hz

2. สร้างกราฟโดยใช้แผนภูมิกระจาย ที่แต่ละชุดข้อมูลถูกเชื่อมต่อโดยเส้น ซึ่งจะได้กราฟที่มีลักษณะ ดังรูปที่ 3.1

3. จุดที่ทำการอ่านค่าความถี่สั่นพ้อง ซึ่งในการนำมาหาความสัมพันธ์นั้นเราได้นำค่าความถี่ในยอดที่สูงที่สุดมาวิเคราะห์ เนื่องจากยอดอื่นที่เกิดขึ้นมานั้นเป็นความหน่วง (Damped) ดังรูปที่ 3.1



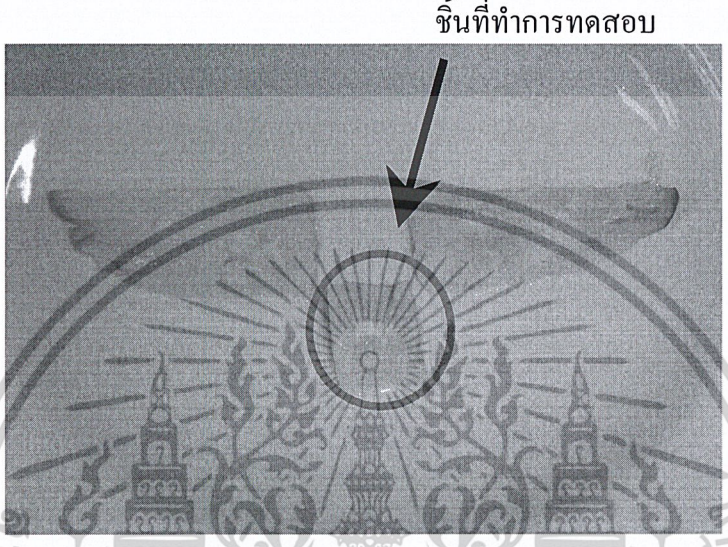
รูปที่ 3.1 จุดที่อ่านค่าความถี่สั่นพ้องที่ได้จากการเคาะด้วยเครื่องทดสอบสมบัติเสียงสะท้อนของผักและผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การหาค่า % Brix

มีรูปแบบของการเก็บข้อมูลของการวัด % Brix อยู่ 2 แบบคือ

1. การวัดค่า % Brix โดยที่ทำการวัดบริเวณจุดเดียวกันกับจุดที่ทำการเคาะซึ่งลักษณะของชิ้นทดสอบมีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 3.6 การวัด % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ

2. การวัดค่า % Brix โดยที่ทำการวัดตามแนวยาวของจุดที่ทำการเคาะซึ่งลักษณะของชิ้นทดสอบมีลักษณะดังนี้

ภาพที่ 3.7 การวัด % Brix ตามแนวยาวของจุดที่ทำการเคาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การวัดสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด

จากการทดลอง คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด สิ่งที่เราต้องการคือค่า Initial hardness และค่า Average hardness ซึ่งค่าทั้งสองตัวนี้ไม่สามารถอ่านได้จากกราฟที่ได้จากการทดลองโดยตรง ดังนั้นเราจึงนำกราฟที่ได้จากการทดลองมาผ่านโปรแกรม Macros เพื่อที่จะได้อ่านค่าทั้งสองได้ ซึ่งโปรแกรมนี้จะมีมากับเครื่องอยู่แล้ว และรูปแบบของ Macros มีดังนี้

```
Clear Graph Results
Redraw
Search Forwards
Go to Min Time
Drop Anchor          1
Go to Force          10 N
Drop Anchor          2
Gradient
% of Max. + ve Force 100%
Drop Anchor          3
Select Anchor        1
Select Anchor        3
Gradient
Area
Travel
Go to Force          0 N
Drop Anchor          4
Select Anchor        3
Select Anchor        4
Area
Travel
```

จากนั้นนำกราฟที่ได้จากการทดลองมา Run Macros ก็จะสามารถอ่านค่า Initial hardness และค่า Average hardness ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

- วิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ใช้ การวิเคราะห์ข้อมูล 3 แบบด้วยกันคือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดข้อมูลหรือมากกว่านั้น, การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t - Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลเป็นคู่ ๆ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นหลายตัวแปร (Multiple Regression Analysis) เป็นการนำข้อมูลที่มีอยู่มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะออกมาในรูปแบบของสมการเชิงเส้น

- โปรแกรมที่ใช้

1. Microsoft Excel
2. StatGraphics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง โดยในครั้งแรกได้ทำการทดลองหาค่าความถี่สั่นพ้องกับ % Brix ส่วนในการทดลองครั้งที่ 2 ได้ทำการทดลองเพิ่มขึ้นอีกอย่างหนึ่งคือการหา Average hardness และในครั้งที่ 3 นั้นได้มีการถ่ายรูปเพื่อนำรูปถ่ายที่ได้มาทำการแบ่งกลุ่มของสับปะรดตามลักษณะเนื้อ

4.1 การทดลองครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง กับ % Brix

ลูกที่	ความถี่(Hz)	% Brix เฉลี่ยทั้งผล	ลูกที่	ความถี่(Hz)	% Brix เฉลี่ยทั้งผล
1	314.67	12.22	16	332.29	11.51
2	259.00	12.82	17	336.46	11.61
3	372.71	10.92	18	366.67	10.72
4	344.79	13.37	19	381.25	13.97
5	366.75	12.43	20	304.17	11.91
6	356.25	8.79	21	356.25	13.30
7	328.13	10.28	22	384.36	12.88
8	378.13	11.47	23	328.00	13.39
9	320.83	11.24	24	333.33	11.73
10	383.33	11.12	25	347.91	12.01
11	375.00	11.84	26	386.46	13.73
12	328.13	12.18	27	316.67	12.48
13	338.54	11.57	28	341.67	12.44
14	328.13	10.93	29	334.38	12.88
15	298.96	10.68	30	341.67	13.78

ตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix ของจุดที่ทำการเคาะ

Source of Variation	*df*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	4	0.188	0.944	3.446

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 4.2) ของค่า % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ (5 จุด) แล้วค่าที่ได้คือค่า F น้อยกว่า F critical ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของ % Brix ของแต่ละจุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix แนวเดียวกับจุดที่เคาะ

Source of Variation	*df*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	4	0.094	0.984	3.446

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 4.3) ของค่า % Brix แนวเดียวกับจุดที่เคาะ แล้วค่าที่ได้คือค่า F น้อยกว่า F critical ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของ % Brix ของแต่ละจุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t - Test) ระหว่างค่า % Brix ของการเก็บข้อมูลทั้งสองแบบ

Mean	11.872	12.126
Variance	1.455	1.410
Observations	29.000	29.000
Pooled Variance	1.433	
t Stat	-0.807	
P(T<=t) two-tail	0.423	
t Critical two-tail	2.667	

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ตารางที่ 4.4) ของการวัดค่า % Brix ทั้งสองแบบ แล้วได้ค่า t Stat น้อยกว่ากว่า – 2.667 แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการทดลองนั้นไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งทำให้ทราบได้ว่าเราสามารถทำการวัดค่า % Brix ได้ทั้ง 2 แบบ คือไม่ว่าจะเป็นการวัดที่จุดเดียวกับที่เคาะหรือจะทำการวัดแนวเดียวกับจุดที่เคาะ จะได้ค่าออกมาไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่าความถี่สั่นพ้อง ของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล

Source of Variation	*df*	*F*	*P-value*	*F crit*
จุดที่เคาะ	4	5.103	0.001	3.362
จำนวนครั้งที่เคาะ	2	0.001	0.999	4.654

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความถี่ (ตารางที่ 4.5) แล้วค่าที่ได้คือค่า F น้อยกว่าค่า F critical โดยจะดูเฉพาะในช่องของจำนวนครั้งที่เคาะ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการทดลองนั้นมีความน่าเชื่อถือ เพราะว่าไม่มีความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

จากการทำการทดลองในครั้งนี้ ทำให้เราทราบได้ว่าการวัดค่า % Brix ของทั้งสองแบบนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้สามารถที่จะทำการวัดค่า % Brix ในรูปแบบใดก็ได้ ซึ่งค่าที่จะได้ออกมานั้นจะไม่แตกต่างกันและในการทดลองครั้งนี้ การคัดแยกสับปะรดที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นมีความสุก-แก่ไม่แตกต่างกัน จึงทำให้เราไม่สามารถทราบได้ว่าความถี่นั้นสามารถคัดแยกสับปะรดได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง % Brix และ Average Hardness

ลูกที่	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	% Brix เฉลี่ยทั้งลูก	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)
1	486.46	12.40	973.67	2496.72
2	452.08	10.36	1516.98	2870.43
3	467.71	14.12	1049.93	2582.11
4	443.59	14.81	972.81	2167.77
5	494.79	7.81	2108.19	3411.02
6	453.13	10.45	1191.56	2759.25
7	458.33	11.54	1635.49	2844.08
8	512.50	8.74	1038.87	2464.06
9	509.38	9.33	1623.79	2592.82
10	511.46	9.28	1132.16	2374.12
11	484.38	8.65	1499.98	2712.63
12	439.58	12.85	1055.86	2152.73
13	512.50	10.31	2055.33	3274.60
14	441.67	11.76	1549.86	2551.06
15	509.38	9.83	1937.61	3170.92
16	446.48	10.94	1617.74	2838.43
17	513.54	8.54	1037.95	2257.66
18	477.08	13.30	1643.48	3187.84
19	482.29	11.49	1084.25	2457.35
20	493.75	10.56	1400.68	2277.11
21	511.46	11.91	1285.66	2422.32
22	508.33	11.28	1007.86	2401.51
23	503.13	10.37	1542.98	2349.33
24	376.04	12.54	1629.33	2254.64
25	406.25	9.97	1454.11	1819.36
26	517.71	10.98	1345.44	2612.21
27	485.42	11.42	1685.04	2874.29
28	443.75	11.50	1452.68	2255.72
29	522.92	9.62	1405.61	2568.21
30	513.54	10.89	1744.93	2443.29
31	207.28	12.57	529.81	970.00
32	231.54	11.90	363.84	697.76
33	348.98	11.48	1319.47	1941.07
34	369.79	11.13	1381.30	2059.60
35	495.83	11.05	752.40	1431.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่าความถี่สั่นพ้อง ของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล

Source of Variation	*df*	*F*	*P-value*	*F crit*
จุดที่เคาะ	4	6.473	4.36	2.389
จำนวนครั้งที่เคาะ	2	0.414	0.660	3.013

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความถี่สั่นพ้อง (ตารางที่ 4.7) แล้วค่าที่ได้คือค่า F น้อยกว่า F critical โดยจะดูเฉพาะในช่องของจำนวนครั้งที่เคาะ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการทดลองนั้นมีความน่าเชื่อถือ เพราะว่าไม่มีความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix ของจุดที่ทำการเคาะ

Source of Variation	*df*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	4	0.333	0.855	3.355

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ (ตารางที่ 4.8) แล้วค่าที่ได้คือค่า F น้อยกว่า F critical ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้จากการทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.9 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระหว่างค่า % Brix แนวเดียวกับจุดที่เคาะ

Source of Variation	*df*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	4	0.023	0.998	3.355

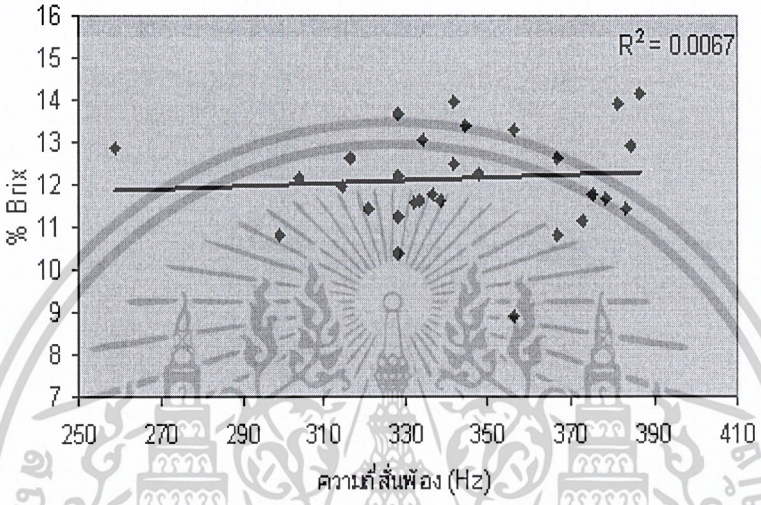
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า % Brix เฉลี่ยแต่ละจุด (ตารางที่ 4.9) แล้วค่าที่ได้คือค่า F น้อยกว่า F critical ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t - Test) ระหว่างค่า % Brix ของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล

Mean	10.719	11.234
Variance	2.642	2.305
Observations	34.000	34.000
Pooled Variance	2.473	
Df	66.000	
t Stat	-1.352	
P(T<=t) two-tail	0.181	
t Critical two-tail	2.652	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยแต่ละจุดกับค่า % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ (ตารางที่ 4.10) แล้วได้ค่า t Stat น้อยกว่ากว่าค่า t Critical two – tail แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแปรปรวนของข้อมูลน้อยมาก ซึ่งทำให้ทราบได้ว่าเราสามารถทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ % Brix ได้ทั้ง 2 แบบ คือไม่ว่าจะเป็นการวัดที่จุดเดียวกับที่เคาะหรือจะทำการวัดทั้งชิ้นของจุดที่เคาะจะได้ค่าออกมาไม่แตกต่างกัน

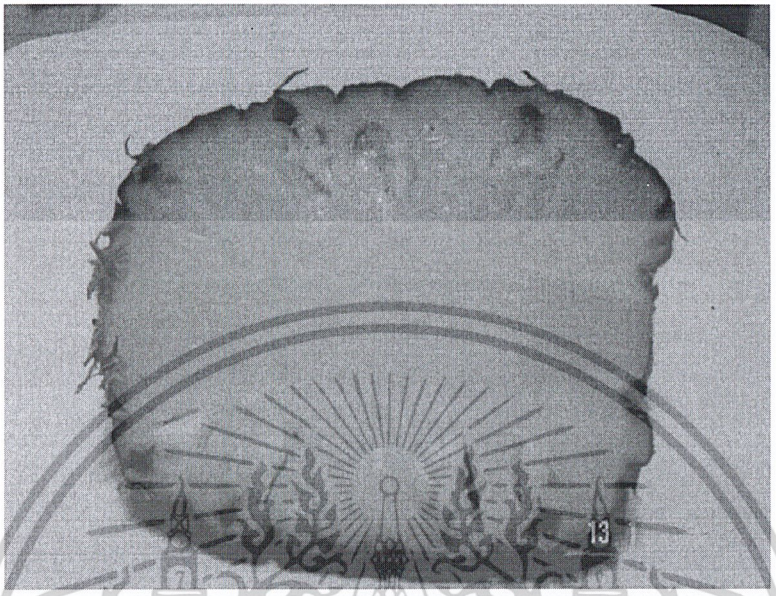


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้องกับ % Brix

จากการทดลองในครั้งแรกนั้นเราทราบมาเบื้องต้นแล้วว่า การวัด % Brix ของทั้งสองแบบนั้นจะได้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน แต่เราก็ได้ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อความแน่ใจ ซึ่งผลที่ได้ออกมานั้นก็มีค่าดังเดิมจึงทำให้เราสามารถที่จะเชื่อได้ว่า การวัดค่า % Brix นั้นเราสามารถที่จะเลือกที่จะกระทำเพียงแบบใดแบบหนึ่งก็ได้ และค่าที่ได้ออกมานั้นจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ (นัยสำคัญ 0.05) และ % Brix กับความถี่สั่นพ้องนั้นก็ไม่มีความสัมพันธ์กัน R^2 = 0.0067 (รูปที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองครั้งที่ 3

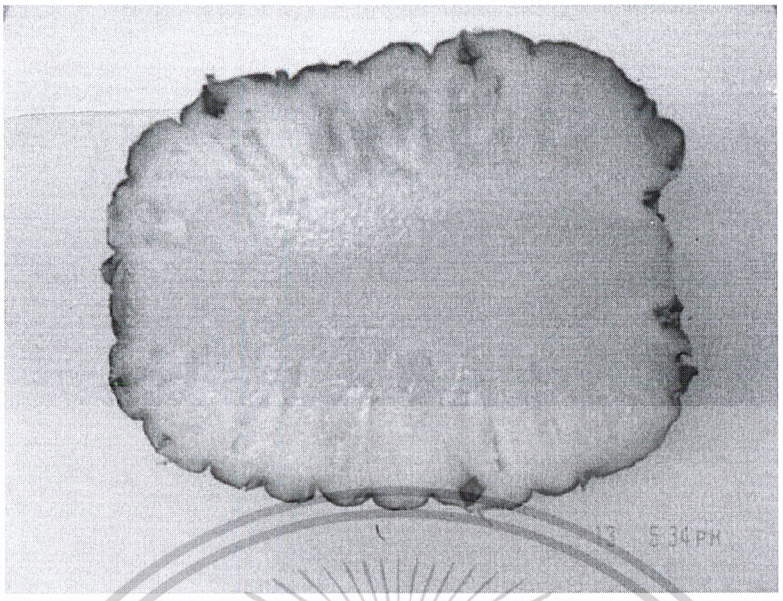


(ก) ดิบมาก

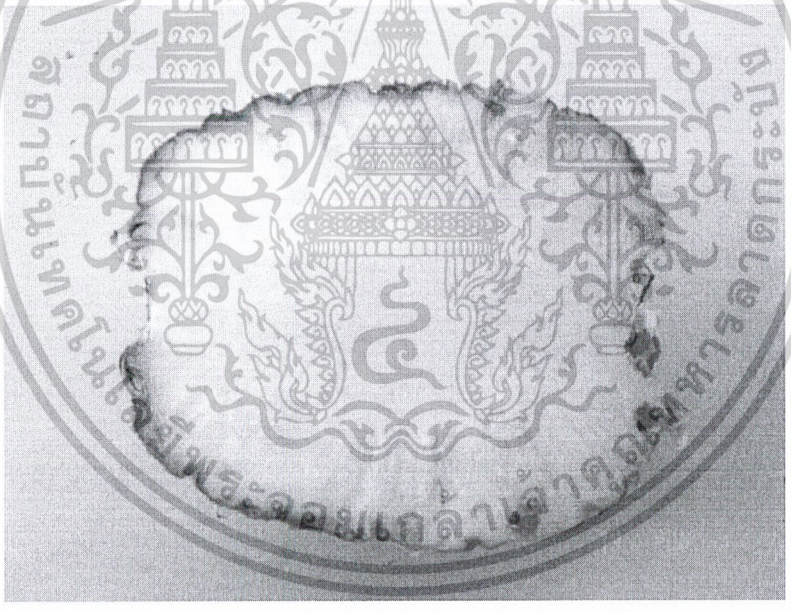
(ข) ดิบน้อย

ภาพที่ 4.1 ลักษณะเนื้อของสับปะรดในกลุ่มต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



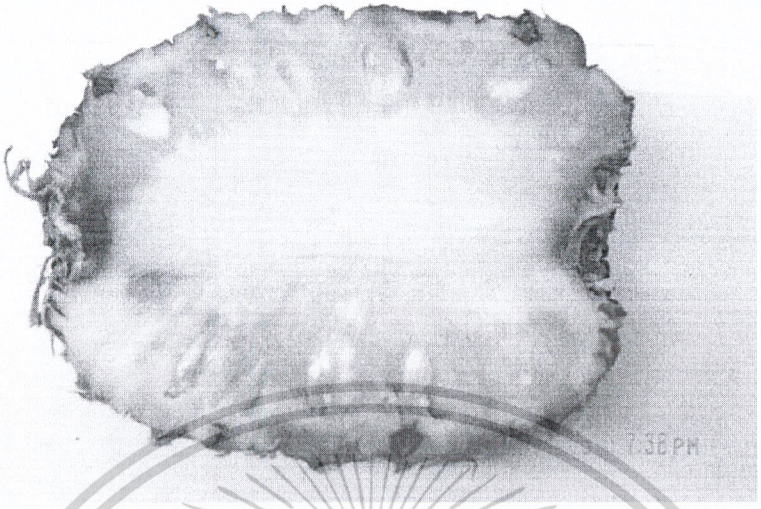
(ค) สุกน้อย



(ง) สุกมาก

ภาพที่ 4.1 ลักษณะเนื้อของสับปะรดในกลุ่มต่าง ๆ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) เน่า

ภาพที่ 4.1 ลักษณะเนื้อของสับปะรดในกลุ่มต่าง ๆ (ต่อ)

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง % Brix และ Average Hardness

ลักษณะเนื้อ	ลูกที่	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	% Brix (เฉลี่ยทั้งลูก)	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)
ดิบน้อย	28	326.39	12.16	922.82	1157.39
	29	394.14	11.40	526.00	1313.83
	30	451.39	10.84	1025.21	1861.66
	34	375.00	10.10	1387.13	1934.94
	36	359.38	10.41	1016.17	1732.77
	39	361.11	10.69	629.90	1538.04
	44	451.39	10.98	715.64	1742.37
	45	500.00	11.21	810.29	1962.61
	46	468.75	10.82	702.19	1545.24
	47	468.75	9.88	794.65	1843.07
	50	312.50	9.61	659.91	1370.98
	53	385.42	8.53	542.01	1240.46
	59	418.40	7.98	655.46	1669.70
	61	434.03	9.28	1291.46	1923.10
	64	484.38	9.93	573.96	1518.75
	65	468.75	11.02	750.00	1991.18
	70	460.07	11.33	1108.82	1847.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง % Brix และ Average Hardness (ต่อ)

ลักษณะเนื้อ	ลูกที่	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	% Brix (เฉลี่ยทั้งลูก)	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)
ดิบมาก	33	359.42	11.63	598.63	1212.03
	35	361.11	10.54	491.24	1385.28
	38	434.03	8.98	795.21	1633.20
	40	479.17	9.88	636.23	1329.30
	42	451.39	9.33	493.63	1503.73
	57	414.93	8.89	542.01	1240.46
	58	435.93	8.01	770.22	1662.73
	63	493.06	7.60	737.96	1836.08
	66	428.82	8.84	643.78	1472.51
	68	420.14	10.50	869.28	1634.45
สุกน้อย	2	437.50	13.36	635.58	1478.79
	3	418.40	12.64	1144.37	2142.07
	7	404.51	13.08	1281.10	1850.74
	8	463.54	12.63	674.05	1473.07
	12	319.44	11.60	567.55	1142.13
	13	317.71	9.40	1072.85	2118.23
	15	310.76	9.47	622.86	1330.02
	17	312.50	9.54	518.83	1444.47
	18	312.50	10.63	1569.69	2470.35
	21	484.38	10.52	456.07	1451.53
	23	484.38	11.31	579.66	1590.82
	26	444.40	12.81	440.24	1304.91
	27	467.01	10.43	524.36	1474.30
	41	451.39	10.33	1138.78	2159.19
	43	440.97	10.26	424.52	1168.94
	48	385.42	12.30	650.23	1058.53
	51	446.18	11.34	862.12	1884.79
	52	440.97	11.31	795.47	1979.92
	54	418.40	12.08	1168.63	1957.91
	55	451.39	9.88	735.97	1826.85
	56	402.71	10.79	566.40	1431.16
	62	380.21	8.54	416.87	1284.43
	67	373.26	11.31	1024.00	1998.70
	69	467.01	11.71	523.56	1450.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

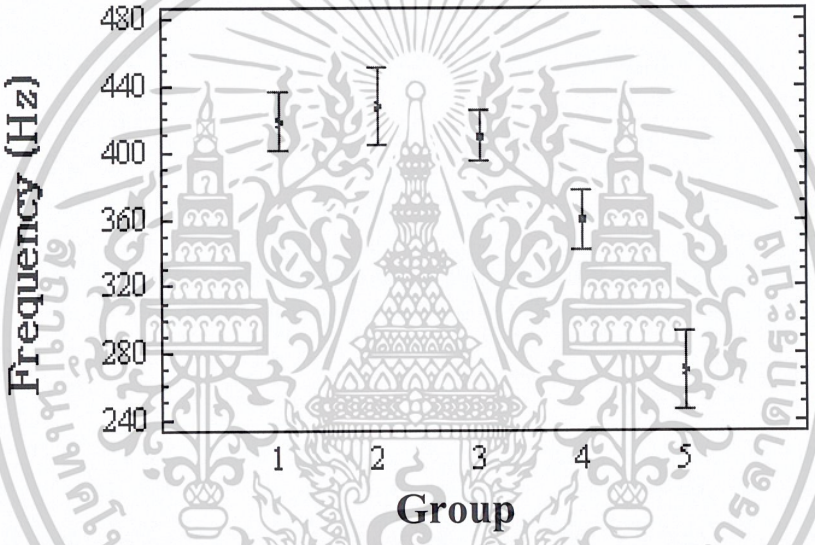
ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สั่นพ้อง % Brix และ Average Hardness (ต่อ)

ลักษณะเนื้อ	ลูกที่	ความถี่สั่นพ้อง (Hz)	% Brix (เฉลี่ยทั้งลูก)	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)
สุกมาก	1	394.10	13.59	326.54	977.47
	4	355.90	12.09	450.08	1179.81
	5	434.03	11.34	600.21	1423.33
	6	335.07	13.87	759.30	1272.70
	9	354.17	11.79	644.35	1271.91
	10	416.77	12.16	372.94	1151.99
	11	312.50	12.33	1053.01	2003.79
	14	282.99	10.22	675.12	1035.71
	16	315.97	11.46	429.96	1152.14
	19	218.75	10.90	759.73	1756.06
	20	284.72	11.58	251.38	608.20
	22	395.83	12.21	631.81	1471.80
	24	350.69	12.18	792.48	1472.35
	25	322.92	12.39	628.53	1264.07
	31	414.93	12.84	939.84	1819.10
	32	359.42	10.96	955.48	2143.86
	37	449.65	12.39	323.83	1121.61
	49	399.31	14.51	603.14	1413.37
	60	423.61	11.79	739.42	1625.85
เน่า	71	253.47	8.93	398.10	684.00
	72	267.36	8.76	493.83	945.43
	73	255.21	6.60	571.58	1022.33
	74	274.30	8.89	289.63	472.89
	75	263.89	9.18	437.69	705.38
	76	301.71	9.71	416.55	614.35
	77	312.50	7.17	264.87	501.92
	78	288.19	12.44	278.77	375.79
	79	262.15	2.68	177.05	333.83
	80	262.15	13.06	249.09	374.42
	81	225.69	9.61	532.96	848.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า ความถี่สั่นพ้อง กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการแบ่งไว้ข้างต้น

Method: 95.0 percent LSD			
group	Count	Mean	Homogeneous Groups
5	11	269.694	X
4	19	359.017	X
3	24	409.79	X
1	17	418.814	X
2	10	427.799	X



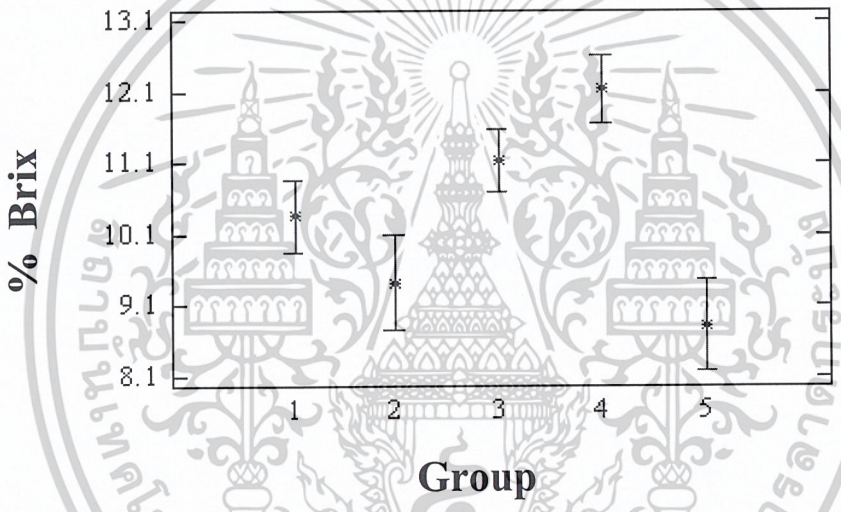
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับความถี่สั่นพ้อง

ได้นำค่าความถี่มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม StatGraphics ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมนี้จะทำให้เห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของความถี่สั่นพ้องของกลุ่มที่ 1, 2, 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่ 4, 5 (ตารางที่ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ระหว่างค่า % Brix กับกลุ่มความสุกแก่ของสับปะรดที่ได้ทำการแบ่งไว้ข้างต้น

Method: 95.0 percent LSD			
group	Count	Mean	Homogeneous Groups
5	11	8.82091	X
2	10	9.42	XX
1	17	10.3629	XX
3	24	11.1363	X
4	19	12.1368	X



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ % Brix

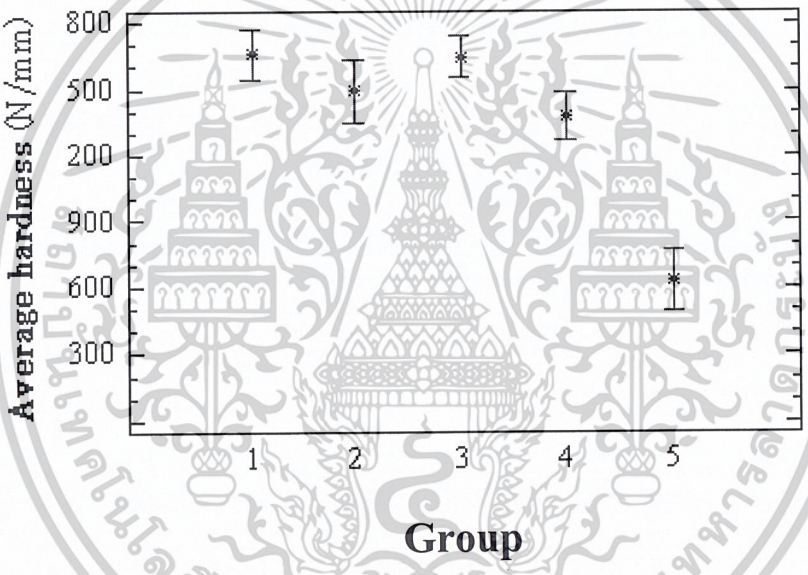
จากการนำค่า % Brix มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม StatGraphics (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิตินี้ทำให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 2 และ 3 แต่กลุ่มที่ 2 แตกต่างกับกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 5 ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 2 แต่แตกต่างกับกลุ่มที่ 1, 3 และ 4 ซึ่งกลุ่มที่ 4 แตกต่างกับกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 5 (ตารางที่ 4.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า Average Hardness กับกลุ่มความสุกแก่ของสับปะรดที่ได้ทำการแบ่งไว้ข้างต้น

Method: 95.0 percent LSD

group	Count	Mean	Homogeneous Groups
5	11	625.348	X
4	19	1377.11	X
2	10	1490.98	XX
3	24	1644.66	X
1	17	1658.47	X



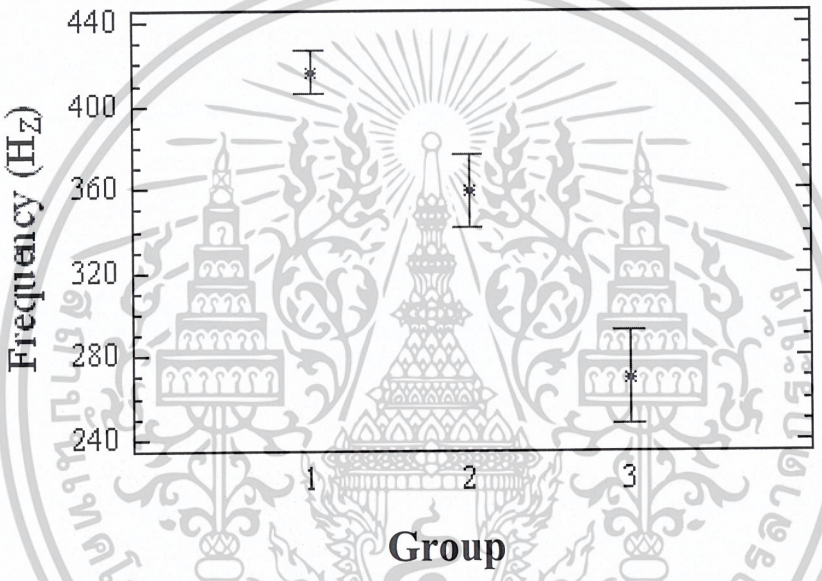
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ Average Hardness

จากการนำค่า Average Hardness มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม StatGraphics (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) ซึ่งผลที่ได้จาการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมนี้จะทำให้เห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 ไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างกับกลุ่มที่ 5 และกลุ่มที่ 2 ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มที่ 4 ซึ่งกลุ่มที่ 4 แตกต่างกันกับกลุ่มที่ 1, 3 และ 5 (ตารางที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า ความถี่สั่นพ้อง กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่

Method: 95.0 percent LSD			
group	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	11	269.694	X
2	19	359.017	X
1	51	416.329	X



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับความถี่สั่นพ้อง

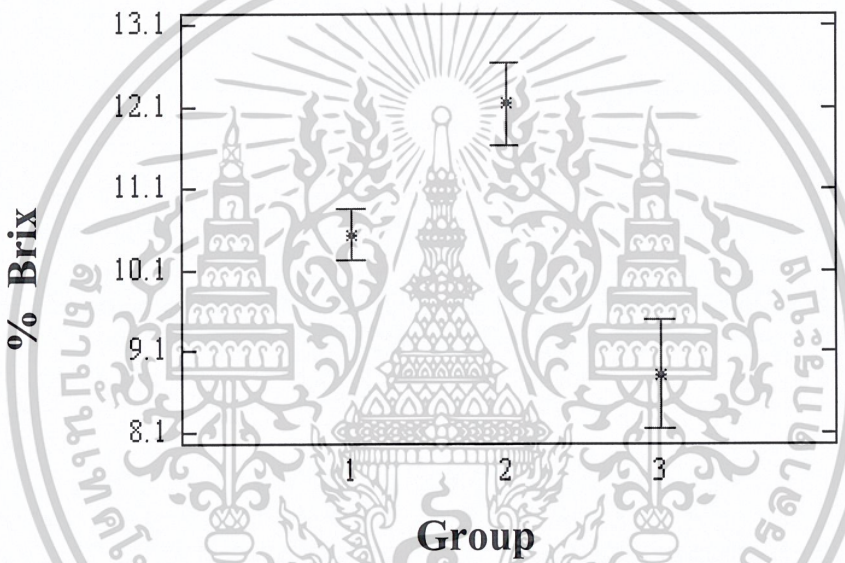
จากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาเราจะพบว่ากลุ่มที่ 1, 2, 3 นั้นมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เราจึงทำการแบ่งกลุ่มความถี่ของสับปะรดใหม่อีกครั้ง โดยในครั้งนี้ได้จัดเอากลุ่มที่ 1, 2, 3 (ดิบ) มาเป็นกลุ่มเดียวกัน คือจัดให้เป็นกลุ่มที่ 1 และให้กลุ่มที่ 4 (สุกมาก), 5 (เน่า) เป็นกลุ่มที่ 2, 3 ตามลำดับ ทำให้พบได้ว่า กลุ่มที่จัดขึ้นมาใหม่นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (StatGraphics ที่นัยสำคัญ 0.05) ซึ่งความถี่สั่นพ้องจะแปรผันตรงกับความสุก – แก่ของสับปะรด (ตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า % Brix กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่

Method: 95.0 percent LSD

group	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	11	8.82091	X
1	51	10.542	X
2	19	12.1368	X



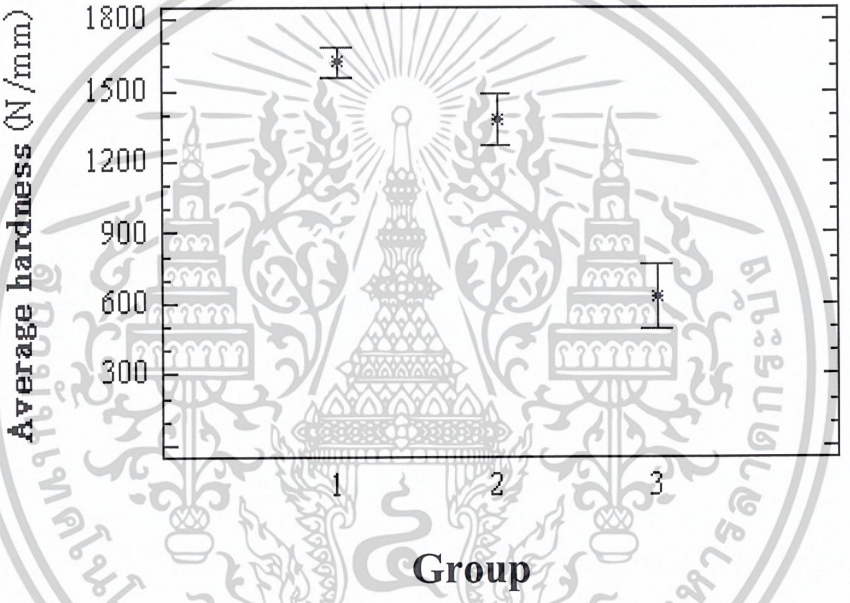
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ % Brix

จากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาเราจะพบว่ากลุ่มที่ 1, 2, 3 นั้นมีค่าเฉลี่ยค่า % Brix ที่ไม่แตกต่างกันเราจึงทำการแบ่งกลุ่มค่า % Brix ของสับปะรดใหม่อีกครั้ง โดยในครั้งนี้ได้จัดเอากลุ่มที่ 1, 2, 3 (ดิบ) มาเป็นกลุ่มเดียวกัน คือจัดให้เป็นกลุ่มที่ 1 และให้กลุ่มที่ 4 (สุกมาก), 5 (เน่า) เป็นกลุ่มที่ 2, 3 ตามลำดับ ทำให้พบได้ว่ากลุ่มที่จัดขึ้นมาใหม่นั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (StatGraphics ที่นัยสำคัญ 0.05) ซึ่งกลุ่มที่ 1 ค่า % Brix จะน้อย และกลุ่มที่ 2 ค่า % Brix จะสูงขึ้นส่วนกลุ่มที่ 3 นั้นค่า % Brix จะลดลง เนื่องจากสับปะรดที่เก็บมาแล้วนั้นถ้าหากยังดิบอยู่เมื่อเกิดการเน่าก็จะทำให้ค่า % Brix น้อย (ตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างค่า Average Hardness กับกลุ่มความสุก – แก่ของสับปะรดที่ได้ทำการจัดกลุ่มใหม่

```
------------------------------------------------------------
Method: 95.0 percent LSD
group          Count     Mean              Homogeneous Groups
------------------------------------------------------------
3              11        625.348           X
2              19        1377.11            X
1              51        1619.13              X
```



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มความสุก-แก่ของสับปะรดกับ Average Hardness

จากการจัดกลุ่มใหม่แล้วนั้น ได้ทำการวิเคราะห์ค่า Average Hardness อีกครั้งทำให้ทราบได้ว่าทั้งสามกลุ่มนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ (StatGraphics ที่นัยสำคัญ 0.05) และกลุ่มที่แบ่งได้นั้นไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง แต่ก็ยังมีความสัมพันธ์กันอยู่ ซึ่งอยู่ในลักษณะเส้นโค้งพาราโบร่า (ตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 การนำค่าความถี่สั่นพ้อง, % Brix, Average Hardness มาทำการหาความสัมพันธ์เชิงเส้น

Model Results

MSE	R-Squared	Adjusted R-Squared	Cp	Included Variables
.205922	61.9808	61.006	2.39586	AC
.20753	62.1753	60.7016	4.0	ABC
.278708	47.8827	47.223	29.0954	A
.279087	47.8118	47.1512	29.2398	C
.282269	47.885	46.5488	31.0907	AB
.282652	47.8142	46.4761	31.2349	BC
.526429	1.55996	.313881	123.395	B
.528086	.0	.0	124.571	

เราได้นำผลที่ได้จากการทดลอง(ความถี่สั่นพ้อง, % Brix, Average Hardness) มาหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Liner Regress Analysis) ด้วยโปรแกรม StatGraphics โดยเราได้ทำการวิเคราะห์เป็นคู่ๆ ดังนี้

1. Average Hardness กับ ความถี่สั่นพ้อง ทำให้ได้ค่า R^2 = 61.98 % (AC)
2. Average Hardness กับ % Brix ทำให้ได้ค่า R^2 = 47.885 % (AB)
3. ความถี่สั่นพ้อง กับ % Brix ทำให้ได้ค่า R^2 = 47.81% (BC)

เมื่อ R^2 คือค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ถ้า R^2 มีค่ามาก แสดงว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีค่ามากด้วยเช่นกัน โดยที่ค่า R^2 ที่ดีที่สุด คือ 100%

จากผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้างต้นจะพบว่า Average Hardness กับ ความถี่สั่นพ้อง มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ 61.98% และค่า R^2 ที่ได้เป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นเราจึงสามารถที่จะสรุปได้ว่า Average Hardness กับ ความถี่สั่นพ้อง สามารถที่จะนำมาใช้ในการคัดแยกความสุก แก่ของสับปะรดได้ดีกว่าความสัมพันธ์อื่นๆ ที่ได้กล่าวถึงในข้างต้น ในที่นี้ตัวแปรอิสระก็คือความถี่, % Brix และ Average Hardness ส่วนตัวแปรตามก็คือกลุ่มที่ได้ทำการแบ่งไว้สามกลุ่มข้างต้น (ตารางที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

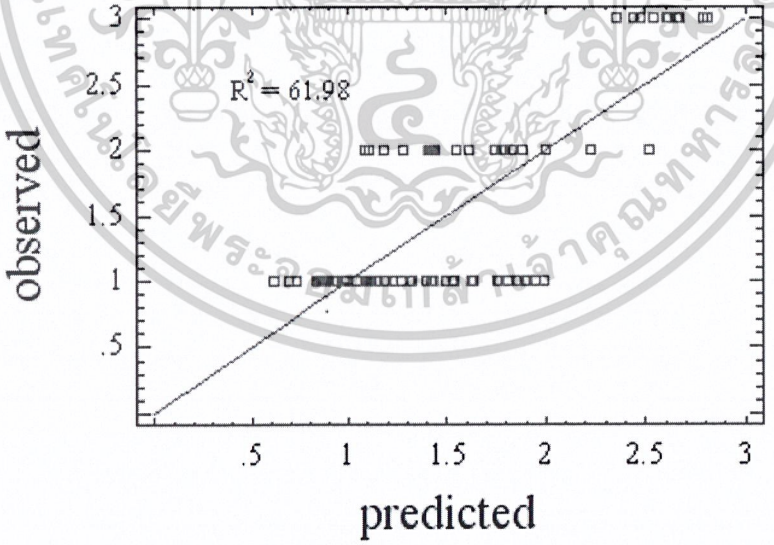
ตารางที่ 4.19 การนำค่าความถี่สั่นพ้องกับ Average Hardness มาทำการหาความสัมพันธ์ (Multiple Regression Analysis ค่านัยสำคัญ 0.01)

Dependent variable: group

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	4.211	.270174	15.5863	. 0
averate	-.000705014	.000130762	-5.39157	. 0
Free	-.00443503	.000824651	-5.37807	. 0

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	26.185	2	13.0925	63.58	. 0
Residual	16.0619	78	.205922		
Total (Corr.)	42.2469	80			

R-squared = 61.9808 percent
R-squared (adjusted for d.f.) = 61.006 percent
Standard Error of Est. = .453787



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของกลุ่มที่ได้ทำการคัดแยก

เมื่อพบว่า Average Hardness กับ ความถี่สั่นพ้องสามารถที่จะใช้ในการคัดแยกความสุก แก่ ของสับปะรดได้ จึงนำความสัมพันธ์นี้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร (Multiple Regression Analysis) อีกครั้งเพื่อหาค่าสมการของความสัมพันธ์นี้ ซึ่งสมการที่เราได้จากการวิเคราะห์ที่เป็นสมการเส้นตรง คือ

กลุ่ม = 4.211 - 0.000705014 * Average Hardness - 0.00443503 * ความถี่สั่นพ้อง--------(2)

เมื่อเราทราบค่าความถี่และ Average Hardness เราสามารถนำมาแทนในสมการข้างต้น เราก็จะทราบได้ว่า สับปะรดลูกนี้นั้นอยู่ในกลุ่มใด (ดิบ, สุกมาก, เน่า) ทำให้เราสามารถคัดแยกความสุก แก่ของสับปะรดได้

จากทำการทดลองที่ผ่านมาทั้งสองครั้งนั้นทำให้ทราบว่าการวัด % Brix นั้นสามารถวัดด้วยวิธีใดก็ได้ในสองวิธีที่ผ่านมา จึงเลือกการวัด % Brix แบบจุดเดียวกับที่เคาะ และค่าที่ได้ออกมานั้นก็มีบางส่วนที่ไม่ตรงกับที่คิดไว้ คือลูกที่เน่านั้นมีค่า % Brix ที่น้อยมาก ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่สับปะรดนั้นเน่าไปมากแล้วจึงทำให้เกิดรสเปรี้ยวขึ้นมาก็ได้ แต่ในบางลูกที่มีค่า % Brix สูงก็อาจจะยังเน่าไม่ทั่วทั้งลูกก็เป็นได้ และในครั้งนี้นั้นก็ได้ทราบด้วยว่าสามารถทำการคัดแยกสับปะรดได้โดยใช้ความสัมพันธ์ของความถี่สั่นพ้องกับ Average Hardness เป็นตัวบอกว่าสับปะรดลูกนี้นั้นมีความสุกแก่มากน้อยแค่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรเป็นสินค้าหลักของประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรสามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอันดับต้น ๆ ซึ่งสินค้าทางด้านการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งคือ สับปะรด โดยส่วนใหญ่จะถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรดเข้มข้น ฯลฯ ปัญหาที่มีความสำคัญมากประการหนึ่งของผู้ผลิตหรือผู้ส่งออกคือ การควบคุมคุณภาพของสินค้าให้ได้ตรงตามความต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ดังนั้นการคัดคุณภาพของสับปะรดก่อนที่จะนำไปทำการแปรรูปเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้นมีความสำคัญมาก เพราะการที่จะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ดี มีคุณภาพนั้นย่อมที่จะมาจากวัตถุดิบที่ดีมีคุณภาพด้วยเช่นกัน

ซึ่งในครั้งนี้เราได้นำคุณสมบัติทางกายภาพมาใช้ในการคัดแยก โดยได้ศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพ 3 ตัวด้วยกันคือ 1. ความถี่สั่นพ้อง 2. % Brix 3. Average Hardness หลังจากนั้นเราได้นำคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้ศึกษามาแล้วนั้นมาทำการหาความสัมพันธ์ เพื่อที่จะได้ทราบถึงความสุก - แก่ของสับปะรด ว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

ในส่วนของวิธีการทดลองนั้นเราได้เริ่มจากการนำสับปะรดมาทำสัญลักษณ์ในตำแหน่งที่จะทำการเคาะจากนั้น ชั่งน้ำหนัก วัดความกว้าง – ยาวของผลสับปะรด แล้วก็นำสับปะรดมาเคาะด้วยเครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้ เมื่อเคาะเสร็จก็นำมาทดสอบหาความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer และสุดท้ายก็นำมาปลอกเปลือกและหั่นออกเป็นชิ้นตามยาวในตำแหน่งที่เคาะจากนั้นทำการถ่ายรูปและวัดหาค่า % Brix ด้วยเครื่อง Refractometer จากนั้นก็เข้าสู่ขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติด้วยโปรแกรม StatGraphics เพื่อความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพว่าคุณสมบัติตัวไหนที่สัมพันธ์กัน

เมื่อเราทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม StatGraphics แล้วจะทำให้เราได้ทราบว่าคุณสมบัติทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์กันจนถึงขั้นที่สามารถนำมาคัดแยกความสุก - แก่ของสับปะรดได้ก็คือ ความถี่สั่นพ้องกับ Average Hardness นั่นเอง

จากการไปดูงานที่ บริษัท ทิปโก้ และเริ่มศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของสับปะรด ทำการทดลองทุกขั้นตอนเพื่อที่จะนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม StatGraphics เพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรด โดยได้ทำการทดลองทั้งหมดเป็นจำนวน 3 ครั้ง แล้วผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม StatGraphics ก็คือ ความถี่ที่ได้จากการเคาะสับปะรดด้วยเครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) ของผักและผลไม้ มีความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง Texture Analyzer มีความสัมพันธ์กัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่า R^2 = 61.98 % ซึ่งเป็นค่าที่ถือได้ว่ามีความสัมพันธ์พอสมควร ที่จะสามารถนำมาใช้ในการคัดแยกระดับความสุก - แก่ของสับปะรด 3 ระดับ คือ ดิบ, สุกมาก และเน่า

5.1 ข้อเสนอแนะ

1. ควรคัดขนาดของสับปะรดให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน เพราะขนาดของผลของสับปะรดมีผลต่อค่าผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการทดสอบ

2. ควรที่จะทำการทดลองให้ต่อเนื่องกัน คือ เมื่อทำการวัดค่าความถี่สั่นพ้องเสร็จก็ต้องวัดความแน่นเนื้อและตามด้วยการวัดค่า % Brix ทันที

3. จัดเตรียมเครื่องมือให้พร้อมในห้องทดสอบห้องเดียว เพื่อให้การทดลองอยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งจะได้ลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการทดสอบ

4. ควรมีการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีอื่น ๆ อีก เพื่อหาข้อเปรียบเทียบที่จะเกิดจากการใช้โปรแกรม

5. ควรที่จะทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเพิ่มขึ้นอีก เพื่อที่จะได้นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่อาจจะได้ความสัมพันธ์กันมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ผลการทดลองครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 1 % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ

ผลที่	จุดที่					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1	11.80	12.20	12.60	14.30	11.60	12.50
2	13.80	12.50	12.90	11.80	12.90	12.78
3	9.70	9.70	11.20	11.00	12.00	10.72
4	13.80	13.60	13.00	13.10	13.20	13.34
5	12.00	12.50	9.60	12.20	12.90	12.24
6	8.70	8.90	8.40	9.20	8.10	8.66
7	10.20	9.60	10.10	10.80	10.30	10.20
8	11.10	11.00	12.00	11.90	10.40	11.28
9	10.00	11.30	11.70	10.60	11.70	11.06
10	10.40	11.10	10.80	12.30	9.40	10.80
11	11.70	12.20	12.40	12.20	11.40	11.92
12	12.30	12.40	11.70	11.70	12.70	12.16
13	11.10	11.60	11.70	11.80	11.30	11.50
14	9.70	10.10	10.50	11.30	11.40	10.60
15	10.40	10.00	10.80	10.60	11.00	10.56
16	11.30	11.20	11.50	11.70	11.60	11.46
17	11.70	11.40	11.70	11.50	11.00	11.46
18	9.70	10.50	12.20	10.20	10.50	10.62
19	14.60	14.10	14.00	13.80	13.70	14.04
20	11.60	10.00	12.30	12.00	12.40	11.66
21	12.60	13.40	13.40	13.30	13.80	13.30
22	12.30	12.90	13.70	12.20	13.10	12.84
23	13.70	13.90	13.40	11.40	13.10	13.10
24	11.20	11.30	11.70	12.70	12.40	11.86
25	11.90	11.90	11.30	11.90	11.90	11.78
26	13.50	12.60	13.30	13.50	13.70	13.32
27	12.60	12.60	12.00	12.30	12.10	12.32
28	12.50	12.60	11.90	12.60	12.30	12.38
29	12.60	12.60	12.60	13.10	12.70	12.72
30	13.30	14.00	14.00	13.80	13.00	13.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 2 % Brix ตามแนวยาวของจุดที่ทำการเคาะ

ผลที่	จุดที่					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1	11.90	12.10	12.30	12.00	11.40	11.94
2	13.30	12.80	12.60	12.00	13.40	12.86
3	10.50	10.30	11.50	11.90	11.40	11.12
4	14.00	13.30	12.90	13.30	13.50	13.40
5	12.40	12.20	12.90	12.60	13.00	12.62
6	8.80	9.00	8.80	9.10	8.90	8.92
7	10.50	10.00	10.50	10.80	10.00	10.36
8	11.60	11.70	11.70	11.80	11.50	11.66
9	11.20	11.20	12.10	11.00	11.60	11.42
10	11.30	11.40	11.30	11.50	11.40	11.44
11	12.00	12.10	11.80	11.60	11.30	11.76
12	13.00	12.40	11.20	11.40	13.00	12.20
13	11.30	11.70	11.80	12.00	11.40	11.64
14	10.50	11.30	11.00	11.30	11.90	11.26
15	10.70	10.50	11.30	10.60	11.40	10.80
16	11.80	11.10	11.90	11.40	11.60	11.56
17	12.40	12.30	11.70	11.60	12.20	11.76
18	9.70	11.00	12.20	10.50	10.70	10.82
19	13.50	13.80	14.10	14.00	14.10	13.90
20	12.00	11.60	12.40	12.40	12.40	12.16
21	13.20	12.90	13.30	13.50	13.60	13.30
22	12.80	13.20	13.10	12.70	12.80	12.92
23	13.60	14.00	13.50	13.40	13.90	13.68
24	11.60	10.90	12.00	11.50	12.00	11.60
25	12.60	12.50	11.90	11.70	12.50	12.24
26	14.40	14.10	14.30	14.00	13.90	14.14
27	12.70	13.10	12.00	12.60	12.80	12.64
28	12.60	12.80	12.60	12.40	12.10	12.50
29	13.20	13.10	12.60	12.90	13.40	13.04
30	13.10	14.10	14.80	14.10	13.60	13.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 3 ความถี่สั่นพ้อง (Hz)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่			เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3		
1	1	343.75	343.75	343.75	343.75	341.67
	2	343.75	343.75	343.75	343.75	
	3	343.75	328.13	343.75	338.54	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	328.13	343.75	343.75	338.54	
2	1	265.63	275.63	265.63	268.96	259.00
	2	265.63	265.63	265.63	265.63	
	3	250.00	250.00	250.00	250.00	
	4	265.63	250.00	265.63	260.42	
	5	250.00	250.00	250.00	250.00	
3	1	375.00	375.00	375.00	375.00	372.71
	2	375.00	375.00	375.00	375.00	
	3	375.00	375.00	375.00	375.00	
	4	375.00	375.00	375.00	375.00	
	5	375.00	340.63	375.00	363.54	
4	1	343.75	343.75	343.75	343.75	344.79
	2	343.75	343.75	343.75	343.75	
	3	343.75	343.75	343.75	343.75	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	343.75	359.38	343.75	348.96	
5	1	375.00	359.38	375.00	369.79	366.75
	2	359.38	375.00	375.00	369.79	
	3	359.38	375.00	359.38	364.58	
	4	375.00	359.38	359.38	364.58	
	5	375.00	375.00	375.00	375.00	
6	1	359.38	359.38	359.38	359.38	356.25
	2	359.38	359.38	359.38	359.38	
	3	343.75	343.75	343.75	343.75	
	4	359.38	359.38	359.38	359.38	
	5	359.38	359.38	359.38	359.38	
7	1	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13
	2	328.13	328.13	328.13	328.13	
	3	328.13	328.13	328.13	328.13	
	4	328.13	328.13	328.13	328.13	
	5	328.13	328.13	328.13	328.13	
8	1	375.00	375.00	375.00	375.00	378.13
	2	375.00	375.00	375.00	375.00	
	3	390.63	390.63	390.63	390.63	
	4	375.00	375.00	375.00	375.00	
	5	375.00	375.00	375.00	375.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 3 ความถี่สั่นพ้อง (Hz) (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่			เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3		
9	1	312.50	312.50	312.50	312.50	320.83
	2	328.13	312.50	328.13	322.92	
	3	328.13	343.75	343.75	338.54	
	4	328.13	328.13	328.13	328.13	
	5	312.50	296.88	296.88	302.08	
10	1	375.00	375.00	375.00	375.00	388.33
	2	375.00	390.63	390.63	385.42	
	3	375.00	375.00	375.00	375.00	
	4	390.63	390.63	390.63	390.63	
	5	390.63	390.63	390.63	390.63	
11	1	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
	2	375.00	375.00	375.00	375.00	
	3	375.00	375.00	375.00	375.00	
	4	375.00	375.00	375.00	375.00	
	5	375.00	375.00	375.00	375.00	
12	1	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13
	2	328.13	328.13	328.13	328.13	
	3	328.13	328.13	328.13	328.13	
	4	328.13	328.13	328.13	328.13	
	5	328.13	328.13	328.13	328.13	
13	1	343.75	343.75	343.75	343.75	338.54
	2	343.75	343.75	328.13	338.54	
	3	343.75	343.75	343.75	343.75	
	4	343.75	343.75	328.13	338.54	
	5	328.13	328.13	328.13	328.13	
14	1	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13
	2	328.13	328.13	328.13	328.13	
	3	328.13	328.13	328.13	328.13	
	4	328.13	328.13	328.13	328.13	
	5	328.13	328.13	328.13	328.13	
15	1	296.88	328.13	296.88	307.29	298.96
	2	296.88	296.88	296.88	296.88	
	3	296.88	296.88	296.88	296.88	
	4	296.88	296.88	296.88	296.88	
	5	296.88	296.88	296.88	296.88	
16	1	328.13	328.13	328.13	328.13	332.29
	2	328.13	328.13	343.75	333.33	
	3	328.13	328.13	328.13	328.13	
	4	328.13	328.13	328.13	328.13	
	5	343.75	343.75	343.75	343.75	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 3 ความถี่สั่นพ้อง (Hz) (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่			เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3		
17	1	343.75	343.75	343.75	343.75	336.46
	2	328.13	328.13	328.13	328.13	
	3	328.13	328.13	328.13	328.13	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	359.38	328.13	328.13	338.54	
18	1	375.00	375.00	390.62	380.21	366.67
	2	359.38	359.38	359.38	359.38	
	3	343.75	359.38	343.75	348.96	
	4	375.00	390.63	390.63	385.42	
	5	359.38	359.38	359.38	359.38	
19	1	390.63	390.63	375.00	385.42	381.25
	2	375.00	375.00	375.00	375.00	
	3	375.00	375.00	375.00	375.00	
	4	390.63	375.00	375.00	380.21	
	5	390.63	390.63	390.63	390.63	
20	1	312.50	312.50	296.88	307.29	304.17
	2	296.88	296.88	312.50	302.08	
	3	296.88	296.88	312.50	302.08	
	4	312.50	296.88	312.50	307.29	
	5	296.88	312.50	296.88	302.08	
21	1	343.75	359.38	359.38	354.17	356.25
	2	359.38	359.38	359.38	359.38	
	3	343.75	359.38	359.38	354.17	
	4	359.38	359.38	343.75	354.17	
	5	359.38	359.38	359.38	359.38	
22	1	375.00	375.00	375.00	375.00	384.38
	2	390.63	390.63	390.63	390.63	
	3	390.63	390.63	390.63	390.63	
	4	375.00	375.00	375.00	375.00	
	5	390.63	390.63	390.63	390.63	
23	1	312.50	312.50	312.50	312.50	325.00
	2	343.75	343.75	343.75	343.75	
	3	312.50	312.50	312.50	312.50	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	312.50	312.50	312.50	312.50	
24	1	328.13	328.13	328.13	385.42	333.33
	2	328.13	328.13	328.13	328.13	
	3	343.75	328.13	343.75	338.54	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	328.13	328.13	328.13	328.13	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 3 ความถี่สั่นพ้อง (Hz) (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่			เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3		
25	1	343.75	343.75	343.75	343.75	347.91
	2	343.75	343.75	359.38	348.96	
	3	343.75	343.75	343.75	343.75	
	4	359.38	359.38	359.38	359.38	
	5	343.75	343.75	343.75	343.75	
26	1	375.00	375.00	375.00	375.00	386.46
	2	390.63	390.63	390.63	390.63	
	3	390.63	375.00	390.63	385.42	
	4	390.63	390.63	390.63	390.63	
	5	390.63	390.63	390.63	390.63	
27	1	312.50	312.50	312.50	312.50	316.67
	2	312.50	312.50	312.50	312.50	
	3	312.50	312.50	312.50	312.50	
	4	312.50	312.50	343.75	322.92	
	5	343.75	312.50	312.50	322.92	
28	1	328.13	328.13	343.75	333.33	341.67
	2	343.75	343.75	343.75	343.75	
	3	343.75	343.75	343.75	343.75	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	343.75	343.75	343.75	343.75	
29	1	328.13	328.13	328.13	328.13	334.38
	2	328.13	343.75	343.75	338.54	
	3	328.13	328.13	328.13	328.13	
	4	328.13	328.13	328.13	328.13	
	5	343.75	359.38	343.75	348.96	
30	1	328.13	328.13	259.38	338.54	341.67
	2	343.75	343.75	328.13	338.54	
	3	343.75	343.75	343.75	343.75	
	4	343.75	343.75	343.75	343.75	
	5	343.75	343.75	343.75	343.75	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ที่ ก 4 ขนาดของผลสับปะรด

ผลที่	ด้านกว้าง (cm)	ด้านยาว (cm)	น้ำหนัก (kg)
1	13.00	14.00	1.50
2	13.70	13.50	1.62
3	13.30	13.20	1.30
4	12.10	12.10	1.40
5	13.10	13.80	1.49
6	14.00	13.50	1.59
7	13.90	14.50	1.50
8	14.60	13.50	1.40
9	13.10	12.60	1.50
10	13.50	13.00	1.38
11	12.50	13.20	1.40
12	13.40	12.90	1.53
13	12.80	12.50	1.32
14	14.80	13.70	1.62
15	13.50	12.30	1.55
16	14.40	14.50	1.47
17	13.00	13.50	1.30
18	12.90	13.40	1.43
19	12.90	12.40	1.30
20	14.50	14.00	1.53
21	12.80	13.80	1.43
22	12.40	13.20	1.30
23	13.70	13.10	1.25
24	14.00	14.00	1.42
25	13.50	13.80	1.43
26	12.90	12.90	1.23
27	13.40	12.80	1.41
28	13.50	13.90	1.43
29	13.20	12.70	1.49
30	12.30	12.30	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการทดลองครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 1 ความถี่สั่นพ้อง (Hz)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
1	1	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	486.46
	2	484.38	484.38	500.00	500.00	484.38	490.63	
	3	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	
2	1	453.13	437.50	453.13	437.50	468.75	450.00	452.08
	2	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	
	3	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	
3	1	484.38	468.75	468.75	468.75	453.13	468.75	467.71
	2	468.75	468.75	468.75	468.75	453.13	465.63	
	3	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	
4	1	437.50	453.13	437.50	437.50	437.50	440.63	443.59
	2	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	
	3	468.75	468.75	453.13	437.50	435.13	452.65	
5	1	500.00	500.00	468.75	468.75	500.00	487.50	494.79
	2	500.00	500.00	484.38	500.00	500.00	496.88	
	3	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	
6	1	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13
	2	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	
	3	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	
7	1	468.75	453.13	453.13	453.13	468.75	459.38	458.33
	2	453.13	453.13	468.75	468.75	468.75	462.50	
	3	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	
8	1	500.00	515.63	515.63	500.00	515.63	509.38	512.50
	2	515.63	515.63	500.00	515.63	515.63	512.50	
	3	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	
9	1	515.63	500.00	500.00	515.63	515.63	509.38	509.38
	2	515.63	500.00	500.00	500.00	515.63	506.25	
	3	515.63	515.63	515.63	500.00	515.63	512.50	
10	1	515.63	500.00	515.63	500.00	515.63	509.38	511.46
	2	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	
	3	515.63	500.00	515.63	515.63	500.00	509.38	
11	1	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38
	2	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	
	3	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	
12	1	437.50	437.50	453.13	453.13	437.50	443.75	439.58
	2	437.50	437.50	437.50	421.88	453.13	437.50	
	3	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	
13	1	500.00	500.00	515.63	515.63	500.00	506.25	512.50
	2	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	
	3	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	
14	1	437.50	437.50	437.50	453.13	453.13	443.75	441.67
	2	468.75	437.50	437.50	453.13	421.88	443.75	
	3	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	
15	1	437.50	515.63	515.63	515.63	515.63	500.00	509.38
	2	515.63	515.63	515.63	515.63	500.00	512.50	
	3	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 1 ความถี่สั่นพ้อง (Hz) (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
16	1	437.50	453.13	453.13	453.13	531.25	465.63	446.48
	2	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	
	3	468.75	421.88	437.50	431.50	421.88	436.30	
17	1	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	513.54
	2	515.63	515.63	500.00	515.63	515.63	512.50	
	3	515.63	500.00	515.63	515.63	515.63	512.50	
18	1	500.00	453.13	453.13	468.75	484.38	468.75	477.08
	2	500.00	453.13	453.13	468.75	484.38	468.75	
	3	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	
19	1	4843.75	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	482.29
	2	4843.75	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	
	3	484.38	484.38	468.75	468.75	484.38	478.13	
20	1	500.00	500.00	500.00	484.38	500.00	496.88	493.75
	2	500.00	484.38	484.38	515.63	484.38	493.75	
	3	484.38	484.38	500.00	500.00	484.38	490.63	
21	1	500.00	500.00	500.00	515.63	500.00	503.13	511.46
	2	515.63	515.63	500.00	515.63	515.63	512.50	
	3	515.63	515.63	515.63	531.25	515.63	518.75	
22	1	515.63	500.00	515.63	500.00	515.63	509.38	508.33
	2	500.00	500.00	500.00	500.00	515.63	503.13	
	3	515.63	515.63	500.00	515.63	515.63	512.50	
23	1	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	503.13
	2	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	
	3	515.63	500.00	515.63	500.00	515.63	509.38	
24	1	375.00	390.63	375.00	375.00	375.00	378.13	376.04
	2	406.25	375.00	375.00	375.00	375.00	381.25	
	3	375.00	359.38	375.00	375.00	359.38	368.75	
25	1	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25
	2	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	
	3	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	
26	1	515.63	515.63	531.25	531.25	515.63	521.88	517.71
	2	500.00	515.63	515.63	515.63	531.25	515.63	
	3	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	
27	1	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	485.42
	2	468.75	484.38	484.38	484.38	484.38	481.25	
	3	484.38	484.38	500.00	484.38	500.00	490.63	
28	1	421.88	421.88	406.25	421.88	421.88	418.75	443.75
	2	421.88	421.88	421.79	421.88	421.88	421.88	
	3	421.88	421.88	421.88	406.25	421.88	418.75	
29	1	531.25	531.25	531.25	531.25	531.25	531.25	522.92
	2	531.25	515.63	515.63	515.63	515.63	518.75	
	3	531.25	515.63	531.25	500.00	515.63	518.75	
30	1	500.00	531.25	500.00	515.63	515.63	512.50	513.54
	2	500.00	515.63	515.63	515.63	515.63	512.50	
	3	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	515.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 1 ความถี่สั่นพ้อง (Hz) ; ผลเสีย(ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
31	1	265.63	281.13	203.13	203.13	250.00	240.60	207.28
	2	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	
	3	171.88	187.50	187.50	187.50	234.38	193.75	
32	1	203.13	203.13	203.13	203.13	203.13	203.13	231.54
	2	218.75	234.38	218.75	218.75	218.75	221.88	
	3	218.75	218.75	187.50	218.75	234.38	215.63	
33	1	359.38	359.38	359.38	359.38	343.75	356.25	348.98
	2	359.38	343.75	328.13	343.75	343.75	343.75	
	3	343.75	343.75	343.75	359.75	343.75	346.95	
34	1	328.13	328.13	406.22	328.13	328.13	343.74	369.79
	2	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	
	3	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	
35	1	500.00	500.00	500.00	500.00	484.38	496.88	495.83
	2	500.00	484.38	500.00	500.00	500.00	496.88	
	3	484.38	500.00	500.00	484.38	500.00	493.75	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2 % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
1	1	13.30	13.60	14.00	14.00	14.00	13.78	12.32
	2	11.60	11.70	11.90	11.80	12.00	11.80	
	3	11.80	12.00	12.20	10.50	10.50	11.40	
2	1	10.20	10.20	9.60	9.90	9.90	9.96	9.93
	2	8.70	9.00	9.60	9.50	9.80	9.32	
	3	10.20	10.40	10.50	10.70	10.80	10.52	
3	1	13.00	13.20	13.30	13.20	13.20	13.18	13.94
	2	14.30	14.30	14.70	14.40	14.50	14.44	
	3	13.90	14.20	14.30	14.30	14.40	14.22	
4	1	14.90	15.00	15.00	15.00	15.10	15.00	14.77
	2	14.90	15.10	15.20	15.20	15.70	15.22	
	3	13.90	14.20	14.00	14.20	14.20	14.10	
5	1	6.40	5.80	6.20	6.20	6.80	6.28	7.39
	2	7.20	7.10	7.80	8.00	7.90	7.60	
	3	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	
6	1	8.80	9.20	9.00	9.10	9.20	9.06	10.01
	2	9.90	10.00	10.00	10.00	10.10	10.00	
	3	9.70	9.90	11.80	11.70	11.80	10.98	
7	1	12.00	12.20	12.10	12.50	12.50	12.26	11.59
	2	13.00	12.80	12.90	12.80	13.10	12.92	
	3	9.60	9.80	9.90	9.70	9.00	9.60	
8	1	8.40	8.00	8.10	8.00	8.00	8.10	8.04
	2	7.80	8.60	8.70	7.90	8.60	8.32	
	3	7.40	7.90	7.90	7.70	7.60	7.70	
9	1	10.20	10.00	9.60	9.20	9.30	9.66	9.01
	2	8.80	9.00	8.60	8.80	8.80	8.80	
	3	8.20	8.60	9.00	8.60	8.50	8.58	
10	1	9.50	9.10	9.30	9.20	9.10	9.24	8.84
	2	9.30	9.00	8.90	7.90	7.90	8.60	
	3	8.50	9.20	9.20	8.60	8.00	8.70	
11	1	8.30	8.10	8.20	8.20	8.40	8.24	8.52
	2	8.40	8.80	8.90	8.70	8.90	8.74	
	3	8.60	8.90	8.40	8.80	8.20	8.58	
12	1	10.70	12.30	12.50	12.50	12.60	12.12	12.62
	2	12.40	12.60	13.60	13.90	13.50	13.20	
	3	12.40	12.50	12.30	12.20	13.30	12.54	
13	1	9.10	9.70	9.80	9.90	11.10	9.92	9.97
	2	9.60	10.30	10.90	9.70	9.70	10.04	
	3	9.90	10.30	10.00	9.70	9.90	9.96	
14	1	11.40	11.20	11.00	11.40	11.40	11.28	11.64
	2	12.10	11.90	11.90	12.50	12.30	12.14	
	3	11.60	11.20	11.50	11.50	11.80	11.52	
15	1	9.50	9.10	9.50	9.90	9.80	9.56	9.60
	2	9.20	9.30	9.60	9.30	9.70	9.42	
	3	9.90	10.10	9.80	9.90	9.50	9.84	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2 % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
16	1	10.7	10.5	11.1	10.9	11.3	10.9	10.63
	2	10.8	10.5	11.4	11.9	11.8	11.28	
	3	9.2	9.6	9.6	10	10.2	9.72	
17	1	8.4	8.4	8.6	8.7	9	8.62	8.14
	2	7.6	7.9	7.1	7.9	8.4	7.78	
	3	7.9	8.7	7.9	7.9	7.7	8.02	
18	1	10.7	13.4	13.4	12.1	12.1	12.34	12.98
	2	13	13.9	13.5	13.4	13.4	13.44	
	3	14.4	13.5	14	14.3	14.7	14.18	
19	1	12	11.8	11.7	12	12.3	11.96	11.48
	2	12.1	11.5	11.8	10.7	11	11.42	
	3	10.5	9.6	9.9	9.7	10.6	11.06	
20	1	9.7	10	10.1	10.1	10	9.98	10.46
	2	10.7	10.5	10.6	10.1	10.5	10.48	
	3	10.5	10.9	11.2	10.8	11.2	10.92	
21	1	11.8	11.5	11.7	11.6	12	11.72	11.48
	2	11.5	12.1	12.2	12.4	12.4	12.12	
	3	10.5	10.4	11	10.6	10.6	10.62	
22	1	11.2	11.3	10.9	11.5	11.2	11.22	11.1
	2	10.4	10.6	10.8	11.5	11.3	10.92	
	3	11.2	11.3	11	11.2	11.2	11.18	
23	1	9.9	10.2	10.6	10.2	10.8	10.34	10.3
	2	10.3	10.2	10.2	10.2	10.8	10.34	
	3	9.9	10.4	10.5	10.2	10.1	10.22	
24	1	12.3	11.6	11.7	11.7	11.7	11.8	12.24
	2	12.1	12.7	12.5	12.5	12.6	12.48	
	3	12.5	12.5	12.4	12.5	12.4	12.46	
25	1	9.7	10	9.7	9.9	10.6	9.98	10.02
	2	10.7	10.2	9.7	9.9	10.6	10.22	
	3	10	9.9	9.7	9.8	10	9.88	
26	1	10.7	10.5	9.9	9.9	10.2	10.24	10.52
	2	10.7	10.8	10.8	10.8	10.8	10.78	
	3	10.8	10.5	10.7	10.8	10	10.56	
27	1	11.5	11.3	11.5	11.7	12.2	10.56	11.02
	2	11.1	11.3	11.2	11.2	10.9	11.14	
	3	11.1	11.2	11.5	11.5	11.5	11.36	
28	1	10.4	10.4	10.5	10.5	10.2	10.4	11.09
	2	10.6	11.1	10.9	11.2	11.3	11.02	
	3	11.2	12	11.9	11.9	12.3	11.86	
29	1	9.8	9.7	9.3	9.4	9.5	9.54	9.42
	2	8.9	9.2	9.3	9.4	9.5	9.26	
	3	9.2	9.2	9.5	9.5	9.9	9.46	
30	1	10.8	11.5	11.5	12.2	11.9	11.58	10.68
	2	10.4	10.2	10	10.3	10.5	10.28	
	3	10.1	10.4	10.3	9.9	10.2	10.18	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 2 % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ ; ผลเสีย (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
31	1	7.3	9.4	10	10.11	9.7	9.3	12.1
	2	14.6	14.5	14.7	14.5	14.7	14.6	
	3	13.1	13.3	13.2	11.2	11.3	12.4	
32	1	11.4	10.7	11	11.4	11.4	11.18	12.29
	2	11.7	11.6	11.6	11.7	11.7	11.66	
	3	11.1	11.2	11	11	10.9	11.04	
33	1	11.1	11.3	11.3	11.3	11.3	11.26	10.88
	2	10.6	9.5	9.8	10.3	9.4	9.92	
	3	11.5	11.3	11.6	11.6	11.4	11.48	
34	1	11.4	11.6	11.6	11.7	11.7	11.6	11.15
	2	10.3	10.5	10.7	10.6	10.6	10.54	
	3	11.4	11.3	11.3	11.3	11.3	11.32	
35	1	10.1	10.8	10.5	10.6	10.7	10.54	10.58
	2	11.6	11.7	11.7	11.9	12	11.78	
	3	9.6	9.4	9.4	9.2	9.5	9.42	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3 % Brix เฉลี่ยแต่ละจุด

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
1	1	14.60	15.50	15.50	14.40	14.00	14.80	12.48
	2	11.50	11.70	11.70	11.70	11.80	11.68	
	3	10.80	10.90	11.00	11.00	11.10	10.96	
2	1	9.60	9.70	9.60	9.60	9.70	9.64	10.79
	2	10.70	10.70	10.70	10.80	10.90	10.76	
	3	11.90	11.90	11.90	12.10	12.10	11.98	
3	1	13.90	14.00	14.10	14.10	14.20	14.06	14.29
	2	14.70	14.70	14.80	14.90	14.80	14.78	
	3	13.70	14.00	14.10	14.20	14.20	14.04	
4	1	15.10	15.10	15.30	15.30	15.40	15.24	14.84
	2	14.80	14.90	14.90	14.80	14.80	14.84	
	3	14.30	14.30	14.50	14.50	14.60	14.44	
5	1	7.20	7.30	7.30	7.40	7.40	7.32	8.22
	2	8.50	8.70	8.60	8.50	8.60	8.58	
	3	8.60	8.90	8.80	8.70	8.80	8.76	
6	1	9.90	9.80	9.80	9.80	9.90	9.84	10.89
	2	10.30	10.70	10.80	10.70	10.90	10.68	
	3	12.00	12.30	12.10	12.10	12.30	12.16	
7	1	12.90	12.80	12.80	12.60	12.60	12.74	11.48
	2	13.10	11.20	11.00	11.20	11.00	11.50	
	3	9.80	10.30	10.10	10.30	10.50	10.20	
8	1	9.10	9.40	9.40	9.10	9.20	9.24	9.44
	2	8.10	8.00	8.30	8.10	8.00	8.10	
	3	10.80	11.00	11.10	11.10	11.00	11.00	
9	1	9.80	9.90	9.80	9.60	9.90	9.80	9.64
	2	9.20	9.40	9.40	9.50	9.60	9.42	
	3	9.10	9.30	9.50	10.40	10.20	9.70	
10	1	10.10	10.00	10.20	10.10	10.50	10.18	9.72
	2	9.70	10.10	9.10	10.10	10.10	9.82	
	3	9.30	9.30	8.60	9.30	9.40	9.18	
11	1	8.60	8.70	8.90	8.60	8.80	8.72	8.78
	2	9.00	9.30	8.70	9.30	9.40	9.14	
	3	8.80	8.90	8.60	7.60	8.50	8.48	
12	1	12.10	12.30	12.90	12.90	13.00	12.64	13.07
	2	14.00	13.50	13.70	13.50	13.70	13.68	
	3	13.50	12.90	12.70	12.70	12.70	12.90	
13	1	11.30	11.20	11.30	11.20	11.20	11.24	10.64
	2	10.10	9.90	9.90	8.90	10.30	9.82	
	3	11.20	10.80	10.80	10.70	10.90	10.88	
14	1	11.40	11.50	11.70	10.90	12.10	11.52	11.88
	2	12.30	12.20	12.10	12.30	12.20	12.22	
	3	12.00	11.90	11.80	11.80	12.00	11.90	
15	1	10.70	10.90	10.60	10.80	10.50	10.70	10.06
	2	10.10	9.90	9.80	9.90	9.60	9.86	
	3	9.90	9.90	9.50	9.20	9.60	9.62	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3 % Brix เฉลี่ยแต่ละจุด (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่ 1	2	3	4	5	เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
16	1	11.80	12.00	11.70	11.70	12.00	11.84	11.25
	2	11.70	11.90	11.50	11.90	11.90	11.78	
	3	10.20	11.10	10.00	9.40	10.00	10.14	
17	1	8.40	8.40	8.20	8.30	8.60	8.38	8.93
	2	10.10	9.40	9.20	9.70	9.70	9.62	
	3	9.20	8.70	8.80	8.60	8.70	8.80	
18	1	12.60	12.50	12.30	12.20	12.30	12.38	13.62
	2	15.00	14.60	14.90	14.80	14.30	14.72	
	3	13.20	13.70	14.30	14.10	13.60	13.78	
19	1	12.70	12.20	12.10	12.20	12.20	12.28	11.50
	2	11.80	12.00	11.80	11.80	11.70	11.82	
	3	10.60	10.40	10.30	10.40	10.30	10.40	
20	1	10.40	10.20	10.50	10.40	10.90	10.48	10.66
	2	10.80	10.70	10.80	10.70	10.80	10.76	
	3	10.80	10.60	10.70	10.70	11.00	10.76	
21	1	12.60	12.60	12.70	12.80	12.80	12.70	12.34
	2	12.90	12.90	13.00	13.30	13.10	13.04	
	3	11.20	11.20	11.20	11.40	11.50	11.30	
22	1	11.50	11.50	11.30	11.30	11.30	11.38	11.45
	2	11.80	12.00	12.10	11.80	11.60	11.86	
	3	10.90	11.20	11.30	11.00	11.20	11.12	
23	1	10.90	10.70	10.80	11.00	10.90	10.86	10.43
	2	10.70	9.80	9.90	9.90	9.90	10.04	
	3	11.00	11.30	9.90	9.90	9.90	10.40	
24	1	12.30	12.30	12.40	12.50	12.60	12.42	12.84
	2	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	
	3	12.60	12.90	13.10	13.20	13.20	13.00	
25	1	9.70	10.00	9.90	9.90	10.00	9.90	9.91
	2	9.60	9.90	9.50	10.10	10.30	9.88	
	3	10.00	10.00	10.10	9.90	9.80	9.96	
26	1	11.50	11.60	11.90	12.00	12.00	11.80	11.44
	2	11.50	11.50	11.40	11.50	11.20	11.42	
	3	11.30	10.90	10.80	11.10	11.40	11.10	
27	1	12.30	12.50	12.20	12.40	12.30	12.34	11.81
	2	11.50	11.20	11.50	11.20	11.20	11.32	
	3	12.10	11.70	11.70	11.70	11.70	11.78	
28	1	11.70	11.50	11.70	11.60	11.70	11.64	11.90
	2	11.90	11.70	11.90	12.00	11.90	11.88	
	3	12.20	12.10	12.20	12.20	12.30	12.20	
29	1	9.90	9.70	9.20	9.70	9.70	9.64	9.81
	2	9.70	9.50	9.40	9.50	9.70	9.56	
	3	10.30	10.30	10.30	10.20	10.10	10.24	
30	1	11.30	11.20	11.10	11.20	11.10	11.18	11.09
	2	11.50	11.50	11.60	11.30	11.50	11.48	
	3	10.40	10.40	10.90	10.80	10.60	10.62	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 3 % Brix เฉลี่ยแต่ละจุด ; ผลเสีย (ต่อ)

ผลที่	จุดที่	ซ้ำที่					เฉลี่ย	เฉลี่ยทั้งผล
		1	2	3	4	5		
31	1	12.20	12.50	12.50	12.50	12.50	12.44	13.04
	2	14.30	14.00	14.10	14.10	14.10	14.12	
	3	11.60	11.60	14.00	14.10	11.60	12.58	
32	1	11.00	11.00	11.10	11.40	11.40	11.18	11.50
	2	11.80	12.10	11.90	12.10	12.10	12.00	
	3	11.40	11.30	11.30	11.50	11.20	11.34	
33	1	12.40	12.40	12.50	12.50	12.40	12.44	12.08
	2	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	
	3	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	11.90	
34	1	11.10	11.10	11.20	11.30	11.20	11.18	11.10
	2	10.80	10.70	10.70	10.60	10.60	10.68	
	3	11.40	11.40	11.50	11.40	11.60	11.46	
35	1	10.60	10.40	10.50	10.50	10.60	10.52	11.52
	2	11.80	11.90	11.90	11.90	11.90	11.88	
	3	12.10	12.10	12.40	12.10	12.10	12.16	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4 ผลการทดลองที่ได้จากเครื่อง Texture Analyzer

Test ID	Product Height (mm)	Grad.-FD 1:2 (N/mm)	Grad.-FD 1:3 (N/mm)	Area-FD 1:3 (N mm)	Travel 1:3 (mm)	Area-FD 3:4 (N mm)	Travel 3:4 (mm)
KN001	107.05	937.67	2496.18	3123.81	2.05	1812.35	1.14
KN002	106.02	1516.98	2870.43	3629.43	1.78	2211.95	1.25
KN003	103.28	1049.93	2582.11	3267.32	1.98	2091.86	1.32
KN004	104.66	972.81	2167.77	4200.63	2.36	2543.09	1.61
KN005	103.15	2108.19	3411.02	3171.15	1.49	2133.21	1.18
KN006	104.08	1191.56	2759.25	3165.79	1.84	2041.69	1.29
KN007	101.39	1635.49	2844.08	3801.52	1.79	2442.67	1.34
KN008	102.12	1038.87	2464.06	3599.53	2.07	2024.18	1.24
KN009	99.80	1623.79	2592.82	4204.60	1.96	2401.89	1.29
KN010	102.40	1132.16	2374.12	4051.95	2.16	2179.54	1.31
KN011	111.87	1499.98	2712.63	3747.44	1.88	2046.33	1.16
KN012	106.75	1055.86	2152.73	4439.67	2.37	2630.57	1.56
KN013	106.39	2055.33	3274.60	3351.02	1.55	2034.76	1.10
KN014	104.31	1549.86	2551.06	4174.31	1.99	2467.05	1.38
KN015	101.52	1937.61	3170.92	3459.79	1.61	2053.65	1.12
KN016	105.76	1617.74	2838.43	3692.76	1.79	2123.79	1.21
KN017	110.87	1037.95	2257.66	3882.33	2.26	1979.93	1.21
KN018	99.34	1643.48	3187.84	3216.19	1.61	1957.59	1.05
KN019	107.10	1084.25	2457.35	3608.77	2.08	2213.72	1.31
KN020	101.62	1400.68	2277.11	4795.34	2.24	2667.86	1.59
KN021	110.11	1285.66	2422.32	4066.38	2.09	2148.44	1.28
KN022	103.17	1007.86	2401.51	3621.06	2.12	2101.88	1.37
KN023	102.89	1542.98	3249.33	3033.26	1.58	1856.35	0.99
KN024	106.00	1629.33	2254.64	5091.11	2.25	2977.49	1.73
KN025	105.98	1454.11	1819.36	6565.47	2.79	3354.94	1.93
KN026	102.23	1345.44	2612.21	3724.89	1.95	2168.06	1.37
KN027	107.85	1685.04	2874.29	3737.32	1.76	2119.28	1.21
KN028	106.81	1452.68	2255.72	4976.59	2.27	2785.99	1.49
KN029	100.25	1405.61	2568.21	4033.38	1.99	2315.27	1.24
KN030	100.46	1744.93	2443.29	4736.06	2.07	2525.74	1.40
KN031	109.29	529.81	970.00	10575.68	5.25	3926.39	2.50
KN032	99.17	363.84	697.76	14019.52	7.29	4894.64	3.81
KN033	107.69	1319.47	1941.07	5790.48	2.62	3084.88	1.76
KN034	114.42	1381.30	2059.60	5570.30	2.47	3073.98	1.76
KN035	110.83	752.40	1431.81	6955.10	3.55	3365.23	2.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 5 คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด

ผลที่	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)	Degree of elasticity	Energy absorption (N/mm)	Deformation ratio
1	973.67	2496.72	0.56	1311.46	0.19
2	1516.98	2870.43	0.70	1417.48	0.02
3	1049.93	2582.11	0.67	1175.47	0.02
4	972.81	2167.77	0.68	1657.54	0.02
5	2108.19	3411.02	0.79	1037.94	0.01
6	1191.56	2759.25	0.70	1124.10	0.02
7	1635.49	2844.08	0.75	1358.85	0.02
8	1038.87	2464.06	0.60	1575.35	0.02
9	1623.79	2592.82	0.66	1802.72	0.02
10	1132.16	2374.12	0.61	1872.40	0.02
11	1499.98	2712.63	0.62	1701.11	0.02
12	1055.86	2152.73	0.66	1809.10	0.02
13	2055.33	3274.60	0.71	1316.26	0.01
14	1549.86	2551.06	0.69	1107.26	0.02
15	1937.61	3170.92	0.70	1406.14	0.02
16	1617.74	2838.43	0.68	1568.96	0.02
17	1037.95	2257.66	0.54	1902.40	0.02
18	1643.48	3187.84	0.65	1258.61	0.02
19	1084.25	2457.35	0.63	1395.05	0.19
20	1400.68	2277.11	0.71	2127.48	0.02
21	1285.66	2422.32	0.61	1917.94	0.02
22	1007.86	2401.51	0.65	1519.17	0.02
23	1542.98	2349.33	0.63	1176.92	0.02
24	1629.33	2254.64	0.77	2113.62	0.02
25	1454.11	1819.36	0.69	3210.53	0.03
26	1345.44	2612.21	0.70	1556.83	0.02
27	1685.04	2874.29	0.68	1618.04	0.02
28	1452.68	2255.72	0.66	2190.60	0.02
29	1405.61	2568.21	0.62	1718.10	0.02
30	1744.93	2443.29	0.67	2210.33	0.02
31	529.81	970.00	0.48	6649.29	0.05
32	363.84	697.76	0.52	9124.88	0.07
33	1319.47	1941.07	0.67	2705.60	0.02
34	1381.30	2059.60	0.71	2496.32	0.02
35	752.40	1431.81	0.57	3589.86	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

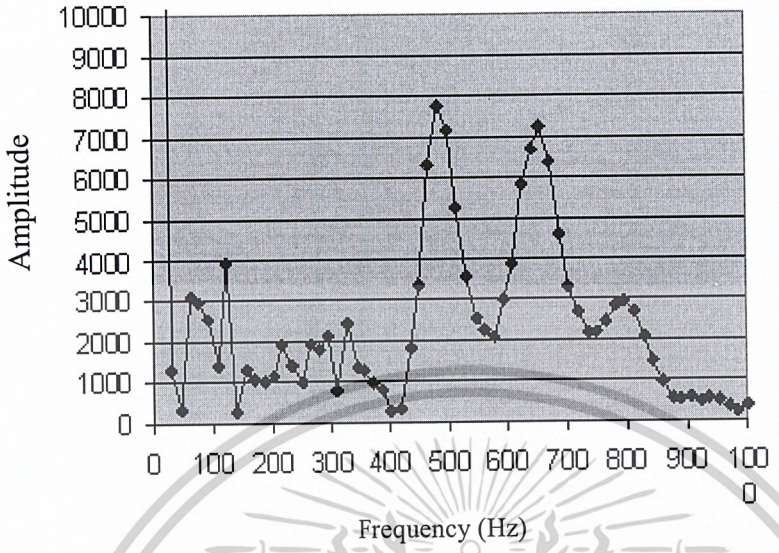
ตารางที่ ข 6 ขนาดของผลสับปะรด

ผลที่	ความกว้าง (cm)	ความยาว (cm)	น้ำหนัก (kg)
1	10.70	12.50	0.82
2	10.60	12.50	0.75
3	10.32	11.50	0.73
4	10.46	12.00	0.82
5	10.31	12.00	0.73
6	10.40	12.50	0.73
7	10.13	12.50	0.86
8	10.21	12.00	0.75
9	9.97	11.50	0.64
10	10.23	12.50	0.78
11	11.18	11.00	0.85
12	10.67	12.50	0.78
13	10.63	11.00	0.72
14	10.43	11.00	0.73
15	10.15	11.50	0.71
16	10.57	11.50	0.82
17	11.08	12.00	0.81
18	9.93	11.00	0.70
19	10.71	11.50	0.81
20	10.16	12.50	0.67
21	10.01	11.00	0.75
22	10.31	11.00	0.77
23	10.28	11.50	0.71
24	10.60	11.50	0.79
25	10.59	11.00	0.72
26	10.22	12.00	0.75
27	10.78	12.00	0.82
28	10.68	11.50	0.80
29	10.02	11.00	0.64
30	10.04	10.50	0.63
31	10.92	12.00	0.91
32	9.91	10.50	0.59
33	10.76	12.00	0.88
34	11.44	13.50	1.01
35	9.70	12.00	0.81

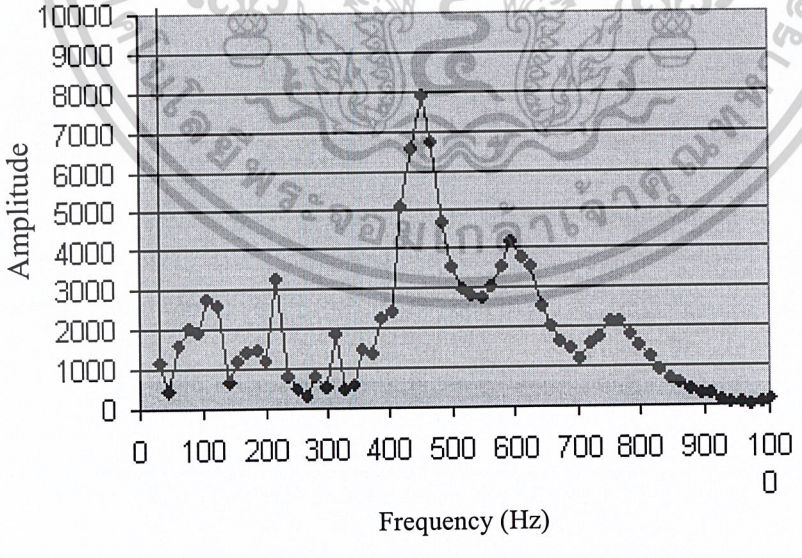
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการทดลองครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



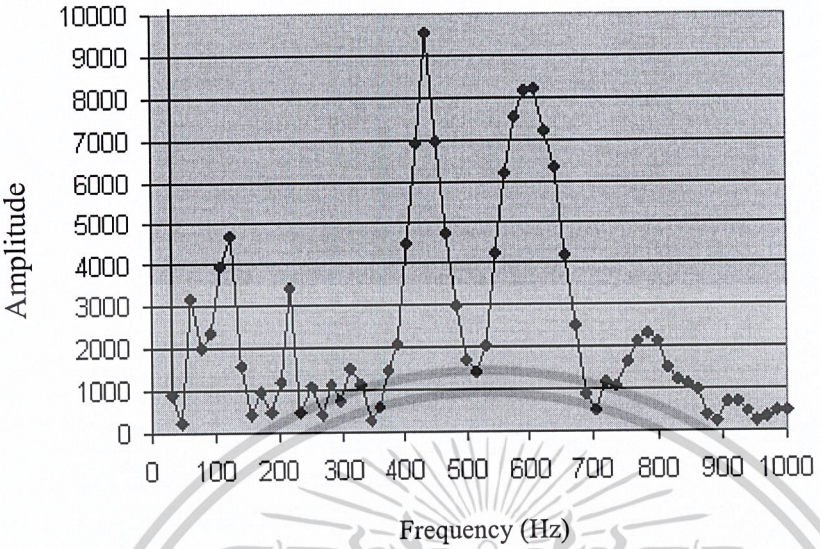
(ก) ดิบมาก



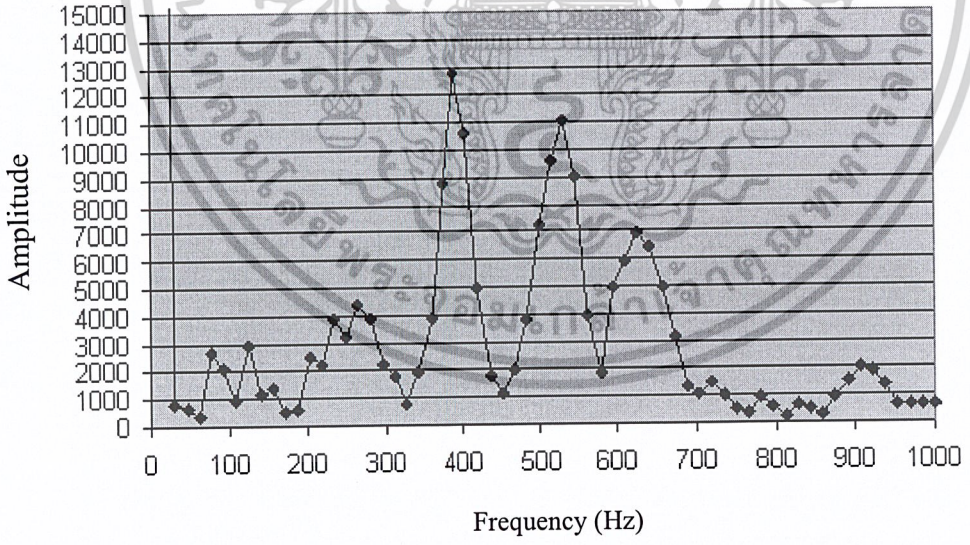
(ข) ดิบน้อย

รูปที่ ค 1 ความถี่สั่นพ้องของสับปะรดแต่ละกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



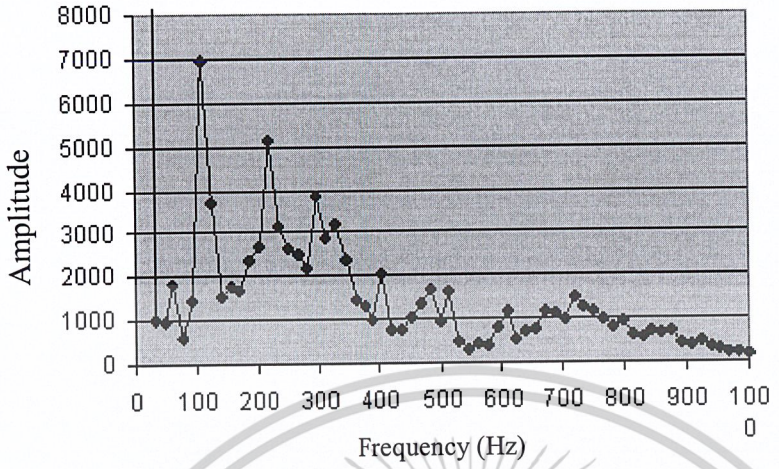
(ค) สุกน้อย



(ง) สุกมาก

รูปที่ ค 1 ความถี่สั่นพ้องของสับปะรดแต่ละกลุ่ม (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) เน่า

รูปที่ ค 1 ความถี่สั่นพ้องของสับปะรดแต่ละกลุ่ม (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 1 ความถี่สั่นพ้อง (Hz)

ผลที่	จุดที่									เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	406.25	406.25	390.63	394.10
2	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50
3	421.88	421.88	421.88	406.25	406.25	421.88	421.88	421.88	421.88	418.40
4	343.75	343.75	359.38	359.38	359.38	375.00	343.75	359.38	359.38	355.90
5	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	421.88	421.88	434.03
6	343.75	328.13	343.75	343.75	328.13	328.13	343.75	328.13	328.13	335.07
7	421.88	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	390.63	390.63	404.51
8	453.13	468.75	484.38	484.38	484.38	343.75	484.38	484.38	484.38	463.54
9	343.75	343.75	359.38	375.00	343.75	343.75	359.38	343.75	375.00	354.17
10	375.90	437.50	406.25	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	416.77
11	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
12	312.50	328.13	328.13	312.50	312.50	312.50	328.13	328.13	312.50	319.44
13	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	296.88	312.50	375.00	317.71
14	296.88	265.63	281.25	265.63	281.25	281.25	296.88	281.25	296.88	282.99
15	312.50	296.88	312.50	296.88	312.50	312.50	312.50	312.50	328.13	310.76
16	312.50	312.50	312.50	328.13	312.50	328.13	312.50	312.50	312.50	315.97
17	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
18	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
19	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75
20	250.00	312.50	312.50	312.50	3125.00	312.50	312.50	218.75	218.75	597.22
21	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38
22	406.25	406.25	406.25	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	395.83
23	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38
24	359.38	343.75	359.38	359.38	343.75	359.38	343.75	343.75	343.75	350.69
25	312.50	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13	312.50	312.50	328.13	322.92
26	453.13	453.13	437.50	437.50	421.88	437.13	453.13	453.13	453.13	444.40
27	453.13	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	467.01
28	312.50	312.50	312.50	359.38	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13	326.39
29	406.63	390.63	390.63	390.63	390.63	406.25	390.63	390.63	390.63	394.14
30	453.13	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	451.39
31	406.25	406.25	406.25	421.88	421.88	421.88	406.25	421.88	421.88	414.93
32	359.75	343.75	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	375.00	359.38	359.42
33	359.75	343.75	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	375.00	359.38	359.42
34	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
35	359.38	375.00	359.38	359.38	343.75	359.38	359.38	390.63	343.75	361.11
36	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38
37	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	437.50	449.65
38	437.50	421.88	437.50	437.50	421.88	437.50	437.50	437.50	437.50	434.03
39	375.00	375.00	359.38	359.38	359.38	343.75	359.38	359.38	359.38	361.11
40	484.38	437.50	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	479.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 1 ความถี่สั่นพ้อง (Hz)

ผลที่	จุดที่									เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	406.25	406.25	390.63	394.10
2	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50
3	421.88	421.88	421.88	406.25	406.25	421.88	421.88	421.88	421.88	418.40
4	343.75	343.75	359.38	359.38	359.38	375.00	343.75	359.38	359.38	355.90
5	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	421.88	421.88	434.03
6	343.75	328.13	343.75	343.75	328.13	328.13	343.75	328.13	328.13	335.07
7	421.88	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	406.25	390.63	390.63	404.51
8	453.13	468.75	484.38	484.38	484.38	343.75	484.38	484.38	484.38	463.54
9	343.75	343.75	359.38	375.00	343.75	343.75	359.38	343.75	375.00	354.17
10	375.90	437.50	406.25	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	416.77
11	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
12	312.50	328.13	328.13	312.50	312.50	312.50	328.13	328.13	312.50	319.44
13	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	296.88	312.50	375.00	317.71
14	296.88	265.63	281.25	265.63	281.25	281.25	296.88	281.25	296.88	282.99
15	312.50	296.88	312.50	296.88	312.50	312.50	312.50	312.50	328.13	310.76
16	312.50	312.50	312.50	328.13	312.50	328.13	312.50	312.50	312.50	315.97
17	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
18	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
19	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75
20	250.00	312.50	312.50	312.50	3125.00	312.50	312.50	218.75	218.75	597.22
21	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38
22	406.25	406.25	406.25	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	395.83
23	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38
24	359.38	343.75	359.38	359.38	343.75	359.38	343.75	343.75	343.75	350.69
25	312.50	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13	312.50	312.50	328.13	322.92
26	453.13	453.13	437.50	437.50	421.88	437.13	453.13	453.13	453.13	444.40
27	453.13	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	467.01
28	312.50	312.50	312.50	359.38	328.13	328.13	328.13	328.13	328.13	326.39
29	406.63	390.63	390.63	390.63	390.63	406.25	390.63	390.63	390.63	394.14
30	453.13	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	451.39
31	406.25	406.25	406.25	421.88	421.88	421.88	406.25	421.88	421.88	414.93
32	359.75	343.75	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	375.00	359.38	359.42
33	359.75	343.75	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	375.00	359.38	359.42
34	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00
35	359.38	375.00	359.38	359.38	343.75	359.38	359.38	390.63	343.75	361.11
36	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38	359.38
37	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	437.50	449.65
38	437.50	421.88	437.50	437.50	421.88	437.50	437.50	437.50	437.50	434.03
39	375.00	375.00	359.38	359.38	359.38	343.75	359.38	359.38	359.38	361.11
40	484.38	437.50	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	479.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 1 ความถี่สั่นพ้อง (Hz) (ต่อ)

ผลที่	จุดที่									เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
41	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	451.39
42	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	451.39
43	453.13	453.13	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	440.97
44	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	437.50	453.13	451.39
45	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
46	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75
47	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75
48	375.00	390.63	390.63	406.25	390.63	390.63	375.00	375.00	375.00	385.42
49	390.63	390.63	390.63	390.63	390.63	406.25	421.88	406.25	406.25	399.31
50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
51	453.13	437.50	453.13	453.13	453.13	437.50	453.15	437.50	437.50	446.18
52	437.50	437.50	437.50	4375.00	437.50	437.50	453.13	437.50	453.13	878.47
53	375.00	375.00	390.63	390.63	390.63	375.00	390.63	390.63	390.63	385.42
54	421.88	421.88	421.88	406.25	421.88	421.88	406.25	421.88	421.88	418.40
55	453.13	453.13	453.13	453.13	453.15	437.50	453.13	453.13	453.13	451.39
56	390.63	390.63	406.25	421.25	421.88	406.25	390.63	390.63	406.25	402.71
57	406.25	421.88	421.88	406.25	406.25	421.88	421.88	421.88	406.25	414.93
58	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	48.38	484.38	484.38	484.38	435.93
59	421.88	421.88	421.88	437.50	406.25	406.25	421.88	406.25	421.88	418.40
60	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	437.50	423.61
61	437.50	437.50	421.88	437.50	421.88	437.50	437.50	437.50	437.50	434.03
62	375.00	375.00	421.88	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	380.21
63	484.38	484.38	484.38	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	484.38	493.06
64	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38	484.38
65	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75
66	421.88	406.25	437.50	437.50	437.50	437.50	437.50	421.88	421.88	428.82
67	375.00	375.00	359.38	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	373.26
68	421.88	421.88	406.25	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88	420.14
69	453.13	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	468.75	467.01
70	453.13	453.13	453.13	453.13	453.13	468.75	468.75	468.75	468.75	460.07
71	234.38	281.25	265.63	250.00	250.00	234.38	234.38	265.63	265.63	253.47
72	265.63	250.00	281.25	250.00	265.63	281.25	281.25	265.63	265.63	267.36
73	281.25	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	265.63	255.21
74	281.25	265.63	234.38	296.88	250.00	296.83	281.25	281.25	281.25	274.30
75	296.88	250.00	296.88	250.00	250.00	250.00	250.00	234.38	296.88	263.89
76	265.63	265.63	265.63	328.13	312.13	325.13	312.50	328.13	312.50	301.71
77	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50
78	312.50	265.63	265.63	234.38	312.50	312.50	296.88	281.25	312.50	288.19
79	265.63	265.63	281.25	265.63	250.00	250.00	250.00	265.63	265.63	262.15
80	250.00	265.63	250.00	265.63	265.63	265.63	265.63	265.63	265.63	262.15
81	218.75	265.63	250.00	203.13	218.75	218.75	218.75	218.75	218.75	225.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 2 % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ

ผลที่	จุดที่									เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	13	13.6	13.9	12.8	13.8	14.1	13.1	13.5	14.5	13.59
2	14.9	13.4	13.1	12.1	13.8	12.9	12.1	15.3	12.6	13.36
3	12	12.2	13.2	11.3	12.4	13.3	14.9	11.9	12.6	12.64
4	11.8	12.1	12.2	12.4	12	12	12.2	12.3	11.8	12.09
5	11.8	10.3	11.4	11.6	10.6	12.3	11.5	11.7	10.9	11.34
6	13	13.7	15.2	14.6	14.5	14.2	13.3	13.6	12.7	13.87
7	13.1	12.4	13.3	14.6	11.7	12.9	12.2	14.1	13.4	13.08
8	13.1	11.6	12.1	12.2	11.5	11.6	13.3	14.4	13.9	12.63
9	12.3	10.2	11.7	12.1	12.4	11.9	12.6	11.1	11.8	11.79
10	12.4	11.9	12.2	11.4	11.3	12.2	13.6	11.5	12.9	12.16
11	12.6	12.5	11.2	11.3	12.2	11.7	13.5	12.5	13.5	12.33
12	12.2	11.3	11.6	12.4	11.7	12.1	10.1	11.6	11.4	11.60
13	8.7	9.4	8.8	8.7	10.8	8.1	10.5	9.5	10.1	9.40
14	11.1	10.2	10	10.1	9.8	8.9	10.5	10	11.4	10.22
15	9.5	9.5	8.6	8.7	9.1	10.1	10.3	10.1	9.3	9.47
16	11.6	11.8	10.8	11.8	11.1	11.9	10.4	11.1	12.6	11.46
17	9.9	10.7	10.3	9.5	8.9	8.6	8.3	9	10.7	9.54
18	10.5	11.2	9.9	9.9	10.5	11	11	11.6	10.1	10.63
19	10	10.1	10.5	10.8	11.1	10.1	12.2	11.8	11.5	10.90
20	12	11.6	10.8	10.7	11.3	12.2	11.8	12.2	11.6	11.58
21	11.9	9.3	9.9	10.4	11.1	9.9	11.3	10.1	10.8	10.52
22	12.7	12.7	13.6	11.1	11.7	11.8	12.1	12	12.2	12.21
23	12	11	9.1	11.2	11.8	12	12.5	10.2	12	11.31
24	11.5	10.8	12	12.6	12	13.1	12.6	11.3	13.7	12.18
25	13.1	13.2	13.3	12.3	11.7	11.8	12.9	11.9	11.3	12.39
26	13.4	13.1	11.5	12.4	13.3	12.7	13.8	11.9	13.2	12.81
27	11.1	9.1	9.5	9.9	10.3	12.3	10.3	11.5	9.9	10.43
28	12.5	12.5	13.2	12.5	11.8	12	11.3	11.1	12.5	12.16
29	11.9	11.8	10.1	11.4	11.9	10.3	12.3	11.4	11.5	11.40
30	10.4	10	10.4	11.2	12.1	10.5	10.3	12.7	10	10.84
31	12.2	13.2	13.8	14	13.2	11.8	12.6	11.9	12.9	12.84
32	10.4	10.5	10.7	11	10.7	10.8	10.2	11	13.3	10.96
33	11.6	9.9	10.9	10.5	13.6	12.4	11.7	11.8	12.3	11.63
34	11.1	10.2	9.9	9.3	10	10.1	10.8	9.7	9.8	10.10
35	10	10.4	10	9.8	12.1	10.4	11.9	10.2	10.1	10.54
36	9.8	10.7	9.9	10.5	11.5	12.2	10.3	9.4	9.4	10.41
37	13.4	10.7	12	11.5	12.7	12.4	12.7	13.6	12.5	12.39
38	8.5	8.3	8.3	8.4	8.9	9.4	9.5	10.3	9.2	8.98
39	10.6	10.4	10.7	10.4	10.7	10.7	10.5	11.4	10.8	10.69
40	10	10.3	9.4	9.4	9.2	10.4	10.7	10.1	9.4	9.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 2 % Brix จุดเดียวกับที่เคาะ (ต่อ)

ผลที่	จุดที่									เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
41	8.8	10.9	10.1	9	10	10.9	9.8	11.8	11.7	10.33
42	9.4	11.1	10.3	8.6	9.9	8.8	8.6	8.9	8.4	9.33
43	11.6	9.7	9.4	9.5	10.3	10.2	10.5	11.6	9.5	10.26
44	11.8	12	13.3	9.7	10.1	10.6	10.6	9.9	10.8	10.98
45	11.1	10.4	11.2	12.5	11.3	11.1	10.5	11.8	11	11.21
46	10.3	11.7	10.7	10.2	10.5	10.4	11.3	10.2	12.1	10.82
47	10.9	9.9	10	9.5	10.4	9.4	9.6	10.1	9.1	9.88
48	12.2	11.9	11.4	12.1	12.3	11.2	13.3	13.6	12.7	12.30
49	13.2	15.1	13.2	13.7	14.6	16.3	14.8	15.3	14.4	14.51
50	9.4	9.2	9.5	9.8	9.4	10.3	9.9	9.4	9.6	9.61
51	10.3	11.3	10.7	10.4	11.7	10.9	13.5	12.4	10.9	11.34
52	10.4	9.2	10	13.3	12	12.2	11.5	11.8	11.4	11.31
53	7.7	11.9	8.1	7.8	8	7.7	8.8	8.6	8.2	8.53
54	12.7	12.8	11.8	11.6	12.3	12.8	12.6	10.5	11.6	12.08
55	9.9	10	8.5	9.7	10.6	10.4	10.8	9	10	9.88
56	11	10.8	10.9	11.8	10.3	11.3	11.5	10.4	9.1	10.79
57	8.1	10.6	9.7	8.8	9	9.2	8.2	8	8.4	8.89
58	7.2	7.4	8.3	8.3	8	8.9	7.9	8.1	8	8.01
59	8.5	7.7	8.5	7.7	7.8	7.7	7.9	8.4	7.6	7.98
60	11.3	11.1	12.1	13	13.8	11.8	11.1	10.1	11.8	11.79
61	7.4	8.9	10.2	9.4	9.1	10.8	8.9	9.3	9.5	9.28
62	7.4	8.2	8.8	8.9	10	8.2	8.1	8.6	8.7	8.54
63	8	7.4	7.2	7.6	7.2	8	7	8.7	7.3	7.60
64	10.4	10	9.5	9.3	9.4	9.4	8.4	11.3	11.7	9.93
65	10.7	11.7	11.5	9.8	12.1	12	10.7	10.1	10.6	11.02
66	8.8	9.3	8.5	8.9	9.2	8.7	9.1	8.5	8.6	8.84
67	12.2	11	9.9	10.4	11.6	11.3	12	12	11.4	11.31
68	11.5	11.1	10	10.7	9.5	9	9.2	12.2	11.3	10.50
69	11.4	12.3	12	11.6	11.2	12.2	10.8	12.1	11.8	11.71
70	10	10.1	9	12.7	12.7	12.9	11.6	11.2	11.8	11.33
71	9.5	9.4	9.2	9.8	8.7	8.1	8.3	8.5	8.9	8.93
72	8.7	8.2	9.7	8.4	8.3	9.2	8.6	9	8.7	8.76
73	7	6.9	6.2	5.7	6.2	6.9	6	7.3	7.2	6.60
74	8.4	9.3	8.9	9.5	8.9	9.2	8.8	8.1	8.9	8.89
75	8.6	9.6	9.2	8.8	9.5	8.7	8.2	9.5	10.5	9.18
76	9.9	10	9.8	9.5	9.9	9.2	9.3	9.9	9.9	9.71
77	6.6	7.1	7.5	7.9	7.8	7.5	6.8	7.1	6.2	7.17
78	13.5	12	12.4	13.6	11.6	11.3	12.1	12.7	12.8	12.44
79	2.2	2.2	2.4	2.2	2.9	2.8	2.3	2.8	4.3	2.68
80	11.6	11.6	12.1	14.3	14.5	14.3	14.5	12.9	11.7	13.06
81	7.5	7.3	11	10.2	11.8	11	11.5	8.9	7.3	9.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 3 คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด

Test ID	Product Height (mm)	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)
KN001	111.35	326.54	977.47
KN002	118.13	635.58	1478.79
KN003	124.09	1144.37	2142.07
KN004	111.32	450.08	1179.81
KN005	108.50	600.21	1423.33
KN006	109.34	759.30	1272.70
KN007	116.69	1281.10	1850.74
KN008	114.81	674.05	1473.07
KN009	110.08	644.35	1271.91
KN010	122.15	372.94	1151.99
KN011	117.41	1053.01	2003.79
KN012	111.25	567.55	1142.13
KN013	111.50	1072.85	2118.23
KN014	125.91	675.12	1035.71
KN015	112.67	622.86	1330.02
KN016	111.50	429.96	1152.14
KN017	114.85	518.83	1444.47
KN018	119.53	1569.69	2470.35
KN019	118.59	759.73	1756.06
KN020	121.58	251.38	608.20
KN021	112.32	456.07	1451.53
KN022	115.33	631.81	1471.80
KN023	111.83	579.66	1590.82
KN024	118.20	792.48	1472.35
KN025	119.78	628.53	1264.07
KN026	110.99	440.24	1304.91
KN027	105.19	524.36	1474.30
KN028	111.03	922.82	1157.39
KN029	113.44	526.00	1313.83
KN030	110.55	1025.21	1861.66
KN031	112.61	939.84	1819.10
KN032	105.98	955.48	2143.86
KN033	115.40	598.63	1212.03
KN034	123.48	1387.13	1934.94
KN035	118.15	491.24	1385.28
KN036	105.98	1016.17	1732.77
KN037	114.15	323.83	1121.61
KN038	112.40	795.21	1633.20
KN039	120.32	629.90	1538.04
KN040	113.34	636.23	1329.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 3 คุณสมบัติเชิงเนื้อสัมผัสของสับปะรด (ต่อ)

Test ID	Product Height (mm)	Initial Hardness ที่ 10 N (N/mm)	Average Hardness ที่ 50 N (N/mm)
KN041	116.18	1138.78	2159.19
KN042	117.33	493.63	1503.73
KN043	105.19	424.52	1168.94
KN044	110.48	715.64	1742.37
KN045	114.72	810.29	1962.61
KN046	117.32	702.19	1545.24
KN047	104.79	794.65	1843.07
KN048	118.64	650.23	1058.53
KN049	104.44	603.14	1413.37
KN050	120.66	659.91	1370.98
KN051	111.93	862.12	1884.79
KN052	116.19	795.47	1979.92
KN053	104.90	542.01	1240.46
KN054	112.04	1168.63	1957.91
KN055	122.85	735.97	1826.85
KN056	118.81	566.40	1431.16
KN057	104.90	542.01	1240.46
KN058	108.59	770.22	1662.73
KN059	111.97	655.46	1669.70
KN060	112.57	739.42	1625.85
KN061	115.33	1291.46	1923.10
KN062	109.25	416.87	1284.43
KN063	108.32	737.96	1836.08
KN064	109.44	573.96	1518.75
KN065	113.49	750.00	1991.18
KN066	107.48	643.78	1472.51
KN067	108.44	1024.00	1998.70
KN068	123.10	869.28	1634.45
KN069	117.91	523.56	1450.09
KN070	113.49	1108.82	1847.87
KN071	124.40	398.10	684.00
KN072	134.07	493.83	945.43
KN073	96.48	571.58	1022.33
KN074	96.89	289.63	472.89
KN075	121.23	437.69	705.38
KN076	95.01	416.55	614.35
KN077	123.06	264.87	501.92
KN078	121.23	278.77	375.79
KN079	108.49	177.05	333.83
KN080	108.66	249.09	374.42
KN081	129.48	532.96	848.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 4 ขนาดของผลสับปะรด

ผลที่	น้ำหนัก (kg)	ความกว้าง (cm)	ความยาว (cm)
1	0.90	11.12	12.00
2	1.13	11.83	14.30
3	1.26	12.45	13.50
4	1.02	11.18	13.30
5	0.83	11.86	11.20
6	0.83	10.93	11.50
7	0.94	11.66	11.00
8	0.94	11.48	12.50
9	0.96	11.00	13.00
10	1.27	12.21	15.40
11	0.99	11.74	13.00
12	0.86	11.12	11.50
13	1.03	11.15	13.70
14	1.32	12.29	13.40
15	0.84	12.26	11.00
16	0.86	11.15	12.40
17	0.83	11.48	11.80
18	1.16	11.95	14.30
19	1.16	11.85	14.20
20	1.14	12.15	13.20
21	0.84	12.23	11.00
22	1.05	11.53	13.20
23	0.84	11.18	11.50
24	1.07	11.82	13.20
25	0.99	11.97	11.70
26	0.83	11.09	11.60
27	0.98	11.54	13.20
28	0.89	11.10	11.10
29	0.97	11.34	12.50
30	0.87	11.05	12.50
31	0.93	11.26	12.00
32	1.05	12.21	13.50
33	1.15	12.20	15.50
34	1.07	12.34	11.80
35	1.29	11.81	15.20
36	0.89	10.59	13.30
37	1.02	11.41	13.50
38	1.04	11.24	15.00
39	1.06	12.03	12.30
40	0.93	11.33	12.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 4 ขนาดของผลสับปะรด (ต่อ)

ผลที่	น้ำหนัก (kg)	ความกว้าง (cm)	ความยาว (cm)
41	0.93	11.61	12.00
42	1.16	11.73	15.30
43	0.80	10.51	11.40
44	0.71	10.04	12.20
45	0.87	11.47	11.40
46	1.00	11.73	13.10
47	0.73	10.47	11.00
48	1.08	11.86	12.50
49	0.74	10.44	11.40
50	1.26	12.06	15.00
51	0.86	11.19	11.80
52	1.00	11.61	12.40
53	0.87	10.49	14.00
54	0.95	11.20	12.50
55	1.16	12.28	13.30
56	1.09	11.88	10.50
57	0.90	10.49	9.90
58	0.83	10.85	9.90
59	0.93	11.19	10.10
60	0.95	11.25	10.00
61	0.94	11.53	10.00
62	0.97	10.92	10.20
63	0.82	10.83	10.00
64	0.77	10.94	11.30
65	0.94	11.34	12.00
66	0.83	10.74	11.50
67	0.89	10.84	13.20
68	1.17	12.31	14.00
69	1.06	11.79	12.60
70	1.01	11.34	13.60
71	1.34	12.44	13.50
72	1.35	13.40	13.40
73	0.65	9.64	13.00
74	0.65	9.68	11.20
75	1.09	12.12	12.30
76	0.62	9.50	11.80
77	1.38	12.30	15.30
78	1.29	12.12	15.10
79	0.99	10.84	15.50
80	0.93	10.86	13.70
81	1.63	12.94	17.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กนต์ธร ชำนิประศาสตร์. 2545. “การสั่นทางกล.” กรุงเทพ.ฯ บ. เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด
2. กฤษฎา อินทรสถิตย์. 2545. “สภาพแวดล้อมภายใน : เสียง.” ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. กระวี ตรีอำนรรค. 2547. “เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อนของผลไม้.” การประชุมสัมมนาวิชาการกองเกษตรวิศวกรรม ประจำปี 2546 , 26 – 27 เมษายน 2547 , กรุงเทพ ฯ
4. ก่อเกียรติ บุญชูกุศล. 2539. “การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน.” พิมพ์ครั้งที่ 1 ,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) กรุงเทพ ฯ : หจก.เม็ดทรายพริ้นติ้ง
5. จิราพรรณ คล้ายกิจจา. “สับปะรด.” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์
6. ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์. 2539. “การศึกษาการวัดความสุกแก่ของทุเรียนโดยคลื่นเสียง.” การประชุมวิชาการกองเกษตรวิศวกรรม 2539 , 20 – 21 มีนาคม 2540 , กรุงเทพ ฯ
7. เดช พุทธเจริญทอง. 2538. “การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน.” พิมพ์ครั้งที่ 4 ,ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ประกายพรึก
8. บริษัท ทิปโก้ ฟูดส์ จำกัด มหาชน. 4 มิถุนายน 2547
9. ธนู ฉุยฉาย และคณะ. 2540. “การสั่นสะเทือนเชิงกล.” พิมพ์ครั้งที่ 1 ,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) กรุงเทพ ฯ : บ. ส. เอเชียเพรส จำกัด
10. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2538. “สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ.” พิมพ์ครั้งที่ 1 , ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
11. Clark , R.L. 1975, “An investigation of the acoustical properties of watermelon as related tomaturity.” Amer.Soc.Agric.Eng,St. Josept,Mich,Paper No. 75 - 6004
12. NME. 2003. Refractometers. [online]. Availble : http://www.nationalmicroscope.com/refractometers.html.
13. Panmanas , S. 2001, “Studies on the Relationship between Texture and Pectin Constituents of Japanese Pear.” Graduate School of Agricutuse, Kagoshima University,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้