



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

ปริญญา

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง

Development of Cushioning Materials from Shredded Paper for Impact Fruit Protection and Maturity Classification of Young Coconut Fruit with Physical, Mechanical, Physiological and Sound Property

นามผู้วิจัย นายทรงธรรม ไชยพงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, Ph.D.)

กรรมการ

(Professor Pictiaw Chen, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนกระยะการ
เจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง

Development of Cushioning Materials from Shredded Paper for Impact Fruit Protection and
Maturity Classification of Young Coconut Fruit with Physical, Mechanical, Physiological and
Sound Property

โดย

นายทรงธรรม ไชยพงษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

พ.ศ. 2552

ทรงธรรม ไชยพงษ์ 2552: การพัฒนาวัสดุกันน้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง ปริญาปรัชญาคุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, Ph.D. 135 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งหวังที่จะพัฒนาวัสดุกันน้ำจากกระดาษฝอยเพื่อทดแทนโฟมตาข่ายในการบรรจุผลผลิตเกษตร และศึกษาสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง ของผลมะพร้าวอ่อน เพื่อใช้ในการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อน

กระดาษฝอยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกันน้ำที่ใช้ในการป้องกันความเสียหายของผลไม้ได้ดี โดยในการทดสอบที่พลังงานกระแทก 2 จูล สามารถป้องกันผลแฉับเปิดจากกระแทกได้ดี โดยมีรูปแบบที่เหมาะสมคือ ถุงผ้าดิบบรรจุกระดาษฝอยที่มีความกว้าง 3 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทำนายความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนโดยการใช้สมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสียง สามารถระบุความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตได้ด้วยวิธี Discriminant Analysis โดยใช้ตัวแปร 3 ตัวคือ ความถี่ธรรมชาติ (f_n) แรงกดเปลือกแตก (HFr) และ ความหนากะลา (ST) สามารถสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อของมะพร้าวอ่อนได้ถูกต้อง 96.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้วิธี Partial Least Square Regression กับตัวแปร 2 ตัว คือ แรงกดเปลือกแตก (HFr) และ ความชันของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปกะลา (SSL) ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (RMSEP) และค่าแตกต่าง (Bias) เท่ากับ 0.994, 0.153 และ 0.001 ตามลำดับ

Songtham Chaiyapong 2009: Development of Cushioning Materials from Shredded Paper for Impact Fruit Protection and Maturity Classification of Young Coconut Fruit with Physical, Mechanical, Physiological and Sound Property. Doctor of Philosophy (Postharvest Technology), Major Field: Postharvest Technology, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Anupan Terdwongworakul, Ph.D. 135 pages.

The aim of this thesis are development of cushioning materials from shredded paper for foam net replacement and maturity classification of young coconut fruit with physical, mechanical, physiological and sound property.

Shredded paper can be use to cushioning materials for protect fruits from impact. Test by input 2 joules impact energy to apple wrap with shredded paper in cloth bag. Suitable condition is 3 mm width shredded paper and 60 kg/m³ density.

Maturity prediction of young coconut fruit with physical, mechanical, physiological and sound property can identifying maturity index of young coconut fruit. Discriminant analysis technique with 3 variables, frequency (f_n), Husk Rupture force (HFr) and Shell Thickness (ST), give equation to predict young coconut flesh that 96.7 % accuracy. Partial least square regression technique with 2 variables, Husk Rupture force (HFr) and Shell force-deformation curve slope (SSL), give correlation (R), Root mean square error of predict (RMSEP) and Bias are 0.994, 0.153 and 0.001 respectively

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จริโมภาส และรองศาสตราจารย์ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย และตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ สำหรับคำชี้แนะที่ดีอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ Professor Dr. Pictiew Chen และ Professor Dr. Sher Paul Singh สำหรับโอกาสในการตีพิมพ์และ นำเสนอผลงานทางวิจัยในระดับนานาชาติ

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ (ADB) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่กรุณาสับสนุนงบประมาณวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและศูนย์ เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณรุจาพร ไชยพงษ์ ที่ให้กำลังใจข้าพเจ้าเสมอมา และสุดท้าย ข้าพเจ้าขอกราบ ขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่สนับสนุน และส่งเสริมให้ข้าพเจ้ามีวันนี้

คุณความดีที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้พึงจะมีขออุทิศแด่ ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จริโมภาส

ทรงธรรม ไชยพงษ์
กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	38
สรุปและข้อเสนอแนะ	63
สรุป	63
ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	64
ภาคผนวก	71
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ	40
2	ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ	41
3	ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ	42
4	ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ	42
5	ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 88 และ 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อใช้บรรจุกระดาษฝอยชนิดต่าง ๆ	43
6	คุณลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าวอ่อน	53
7	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อน	53
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ DMRT ความถี่สั่นพ้อง (kHz) ของผลมะพร้าวอ่อน	54
9	สมบัติสีรวิวิทยา (TSS, TA, F_w , D_w) ของผลมะพร้าวอ่อน	55
10	สมบัติสีรวิวิทยา (FT, ST) ของผลมะพร้าวอ่อน	55
11	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระ 13 ตัวกับตัวแปร Canonical	56
12	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์การแบ่งกลุ่มเมื่อใช้ตัวแปร 13 ตัว	57
13	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระ 3 ตัวกับตัวแปร Canonical	58
14	สัมประสิทธิ์ฟังก์ชันการคัดแยก	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในการจำแนกการแบ่งกลุ่มเมื่อใช้ตัวแปร 3 ตัว	59
16	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์การแบ่งกลุ่ม	60
17	ผลการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อนโดยใช้ PLSR	62
ตารางผนวกที่		
1	ปริมาตรซ้ำเฉลี่ย (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg	72
2	ปริมาตรซ้ำเฉลี่ย (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg	73
3	คุณลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าวอ่อนกับระยะเวลาเจริญเติบโต	74
4	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 170 วัน (ตอนที่ 1)	75
5	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน (ตอนที่ 1)	76
6	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน (ตอนที่ 1)	77
7	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 182 วัน (ตอนที่ 1)	78
8	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 186 วัน (ตอนที่ 1)	79
9	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 190 วัน (ตอนที่ 1)	80
10	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 194 วัน (ตอนที่ 1)	81
11	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 198 วัน (ตอนที่ 1)	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 202 วัน (ตอนที่ 1)	83
13	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 206 วัน (ตอนที่ 1)	84
14	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 170 วัน (ตอนที่ 1)	85
15	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน (ตอนที่ 1)	86
16	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน (ตอนที่ 1)	87
17	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 182 วัน (ตอนที่ 1)	88
18	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 186 วัน (ตอนที่ 1)	89
19	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 190 วัน (ตอนที่ 1)	90
20	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 194 วัน (ตอนที่ 1)	91
21	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 198 วัน (ตอนที่ 1)	92
22	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 202 วัน (ตอนที่ 1)	93
23	สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 206 วัน (ตอนที่ 1)	94
24	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 170 วัน (ตอนที่ 1)	95
25	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน (ตอนที่ 1)	96
26	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน (ตอนที่ 1)	97
27	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 182 วัน (ตอนที่ 1)	98
28	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 176 วัน (ตอนที่ 1)	99
29	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 190 วัน (ตอนที่ 1)	100
30	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน (ตอนที่ 1)	101
31	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน (ตอนที่ 1)	102
32	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 202 วัน (ตอนที่ 1)	103
33	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 206 วัน (ตอนที่ 1)	104
34	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อ 1 ชั้น (ตอนที่ 2)	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
35	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อ 1 ชั้นครึ่ง (ตอนที่ 2)	110
36	คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อ 2 ชั้น (ตอนที่ 2)	115
37	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อ 1 ชั้น (ตอนที่ 2)	120
38	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อ 1 ชั้นครึ่ง (ตอนที่ 2)	125
39	สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อ 2 ชั้น (ตอนที่ 2)	130

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรซ้ำ	5
2	ส่วนประกอบของผลมะพร้าว	9
3	กระดาษฝอยแบบต่าง ๆ	18
4	ถุงผ้าดิบขนาด 10 cm × 29 cm × 3 cm บรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์ฝอยและ กระดาษถ่ายเอกสารฝอย ความหนาแน่น 36, 48, 60 และ 72 kg/m ³ แบ่งเป็น 1, 2 และ 4 ช่อง	18
5	แฉับเปิดที่ทำเครื่องหมายแบ่งกึ่งกลางผลและห่อด้วยถุงผ้าดิบบรรจุกระดาษฝอย	19
6	เครื่องทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้มนาฬิกา	20
7	การหาปริมาตรซ้ำของผลแฉับเปิด	21
8	การวัดขนาดของผลมะพร้าวอ่อน	25
9	การหาความถ่วงจำเพาะของผลมะพร้าวอ่อน	24
10	โครงสร้างของชุดอุปกรณ์ทดสอบหาสมบัติเสียง	26
11	ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์ทดสอบหาสมบัติเสียง	26
12	ตำแหน่งบนผลมะพร้าวอ่อนที่ถูกเคาะหาสมบัติเสียง	27
13	การทดสอบหาสมบัติเสียงของมะพร้าวอ่อน	27
14	หน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงการควบคุม และแสดงผล	28
15	การทดสอบหาสมบัติเชิงกลของเปลือกมะพร้าวอ่อน	30
16	กราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของเปลือกมะพร้าวอ่อน	30
17	การทดสอบหาสมบัติเชิงกลของกะลามะพร้าวอ่อน	31
18	กราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของกะลามะพร้าวอ่อน	32
19	การวัดความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อน	34
20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรซ้ำของผลแฉับเปิด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่นของถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์ฝอยขนาด 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่นของถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยขนาด 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง	39
22	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่น ของถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์ฝอยขนาด 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง	39
23	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่น ของถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยขนาด 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง	40
24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับพลังงานกระแทกของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์และ กระดาษถ่ายเอกสารฝอยขนาด 3 และ 6 mm	44
25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับพลังงานกระแทกของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์และ กระดาษถ่ายเอกสารฝอยขนาด 3 และ 6 mm	44
26	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการช้ำกับพลังงานกระแทก ของของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษ หนังสือพิมพ์และกระดาษถ่ายเอกสารฝอยขนาด 3 และ 6 mm	45
27	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการช้ำกับพลังงานกระแทก ของของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษ หนังสือพิมพ์และกระดาษถ่ายเอกสารฝอยขนาด 3 และ 6 mm	46
28	ความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับอายุการเก็บเกี่ยว	47
29	ค่าเฉลี่ยของแรงกดทะลุเปลือกเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน	48
30	ค่าเฉลี่ยของแรงกดแตกกะลาเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน	48
31	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเนื้อสดของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว	49
32	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเนื้อแห้งของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
33	ความสัมพันธ์ระหว่างความหวานของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว	50
34	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเนื้อของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว	51
35	การกระจายตัวของความถี่สั้นพ้องผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว	52
36	ลักษณะผิวที่ขรุขระของผลมะพร้าวอ่อน	54
37	ค่ากลางและการกระจายของตัวแปรในแต่ละกลุ่ม	59
38	การใช้เทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) ในการสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อน โดยใช้ ตัวแปร 12 ตัว	61
39	การใช้เทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) ในการสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อนแบบไม่ทำลายโดยใช้ ตัวแปร 2 ตัว	62

การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนก
 ระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล,
 สรีรวิทยา และเสียง

**Development of Cushioning Materials from Shredded Paper for Impact Fruit
 Protection and Maturity Classification of Young Coconut Fruit with Physical,
 Mechanical, Physiological and Sound Property**

คำนำ

ผลิตผลเกษตรเป็นสินค้าที่มีความบอบบาง เกิดความเสียหายง่าย เพื่อป้องกันความเสียหาย จะเกิดขึ้นจากการกดทับ การสั่นสะเทือน และการกระแทกในระหว่างการเคลื่อนย้าย ขนถ่าย และขนส่ง วัสดุกันกระแทกจึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าทึ้น หลักการพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสินค้า คือ 1) ดูดซับพลังงานกระแทกให้มีพลังงานเหลือมากระทำกับตัวสินค้าน้อยที่สุด 2) ลดการเคลื่อนที่ของสินค้าที่จะมากระแทกกันจากการสั่นสะเทือน ระหว่างวัสดุกันกระแทกที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ แผ่นกระดาษลูกฟูก โฟมโพลีสไตรีน โฟมโพลียูรีเทน โฟมโพลีเอทิลีน แผ่นพลาสติกอัดอากาศ ฝอยไม้ และฝอยกระดาษ ปัจจุบันวัสดุกันกระแทกประเภทโฟม มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถผลิตให้ได้ความหนาแน่นต่างๆ ที่เหมาะสมกับสินค้านานาชนิด ปริมาณการใช้พลาสติกและโฟมเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ.2535 มีการใช้ พลาสติก 1.12 ล้านตัน และเพิ่มเป็น 2.93 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2544 หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า ในช่วงระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมา และมีผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกและโฟมที่พบในสิ่งแวดล้อม ในปี พ.ศ.2546 มีประมาณร้อยละ 16 หรือ 2.3 ล้านตัน แต่เนื่องจากโฟมบางชนิดมีการสลายตัวได้ยาก และบางชนิดไม่สามารถนำกลับเข้ากระบวนการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ จึงก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเศษวัสดุที่เหลืออยู่ (ฉวี, 2548; สุพจน์, 2548; กรมควบคุมมลพิษ, 2549) กระดาษเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กระดาษในรูปกล่องเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมสำหรับการบรรจุหีบห่อผลไม้ มีงานวิจัยค้นคว้ามากมายเกี่ยวกับกล่องกระดาษลูกฟูก แต่ฝอยกระดาษ ที่เป็นวัสดุกันช้ำที่แพร่หลาย ยังขาดองค์ความรู้พื้นฐานที่จะมาสนับสนุนการพัฒนาการใช้ให้ถูกต้อง

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย คนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าว ในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาว และหวานในชีวิตประจำวัน ในปี 2547 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวที่ให้ผลผลิตแล้ว 2,142,000 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 1,499,000 ตัน ราคาที่เกษตรกรขายได้ 3,464 บาทต่อตัน การส่งออกจะส่งในรูปผลอ่อนไปต่างประเทศในลักษณะมะพร้าวควั่น และมะพร้าวเจียน (กรมวิชาการเกษตร, 2549) สถิติการส่งออกมะพร้าวในปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยส่งออกมะพร้าวไปต่างประเทศ มูลค่า 407.35 ล้านบาท ปี 2548 มีมูลค่า 436.401 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

ในการระบุน้ำมันแก่ของผลมะพร้าวอ่อนจะอาศัยการการนับวันหลังจันทัน การสังเกตจากหางหนู วิธีนี้อาจคลาดเคลื่อนได้ในฤดูร้อนที่แดดจัดมาก ๆ เพราะหางหนูอาจแห้งก่อนกำหนด และการสังเกตจากสีผล อาจคลาดเคลื่อนได้จากแดดที่จัดมากจะทำให้สีของผลมะพร้าวอ่อนออกเป็นสีเหลือง ๆ และปัญหาที่กะลาแตกตั้งแต่ยังอยู่บนต้น ซึ่งเป็นความเสียหายที่ไม่อาจมองเห็นได้จากภายนอกได้ การเคาะฟังเสียงก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เกษตรกรใช้บ่อยในการตรวจสอบความอ่อนแก่ของมะพร้าว วิธีการต่าง ๆ ที่ระบุนมาเป็นวิธีที่ขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ชำนาญการ ไม่เป็นสากล การเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อนจะเป็นแบบคละระยะการเจริญเติบโต ทำให้บ่อยครั้งผู้บริโภครับประทานผลมะพร้าวอ่อนที่ไม่อร่อย ไม่หวาน ไม่ประทับใจ ส่งผลกระทบต่อการผลิตมะพร้าว น้ำหอม บ่อยครั้งผู้จำหน่าย พ่อค้าไม่รู้ประวัติผลมะพร้าวอ่อนลูกนั้น ๆ หรือตรวจสอบไม่ดีทำให้เป็นปัญหาในการผลิตผลมะพร้าวอ่อนที่มีมาตรฐานคุณภาพ

จากปัญหาข้างต้นอาจมีผลมะพร้าวที่อายุการเจริญเติบโตยังไม่พอกับการเก็บเกี่ยว และกะลาแตกปะปนไปได้ ทั้งยังไม่มีการศึกษาเทคโนโลยีด้านการคัดแยกความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนใช้ในเชิงการค้า จึงนับเป็นความท้าทายที่จะค้นคว้าหาข้อมูลทางสมบัติทางกายภาพและสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโต เพื่อมาสนับสนุนส่งเสริมการผลิตมะพร้าวอ่อนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาวัสดุกันน้ำจากกระดาษฝอยเพื่อทดแทน โฟมตาข่ายในการปกป้องผลเห็บเปลือกจากการแตก
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง ของผลมะพร้าวอ่อน เพื่อใช้ในการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อน

การตรวจเอกสาร

1. การพัฒนาวัสดุกันน้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทก

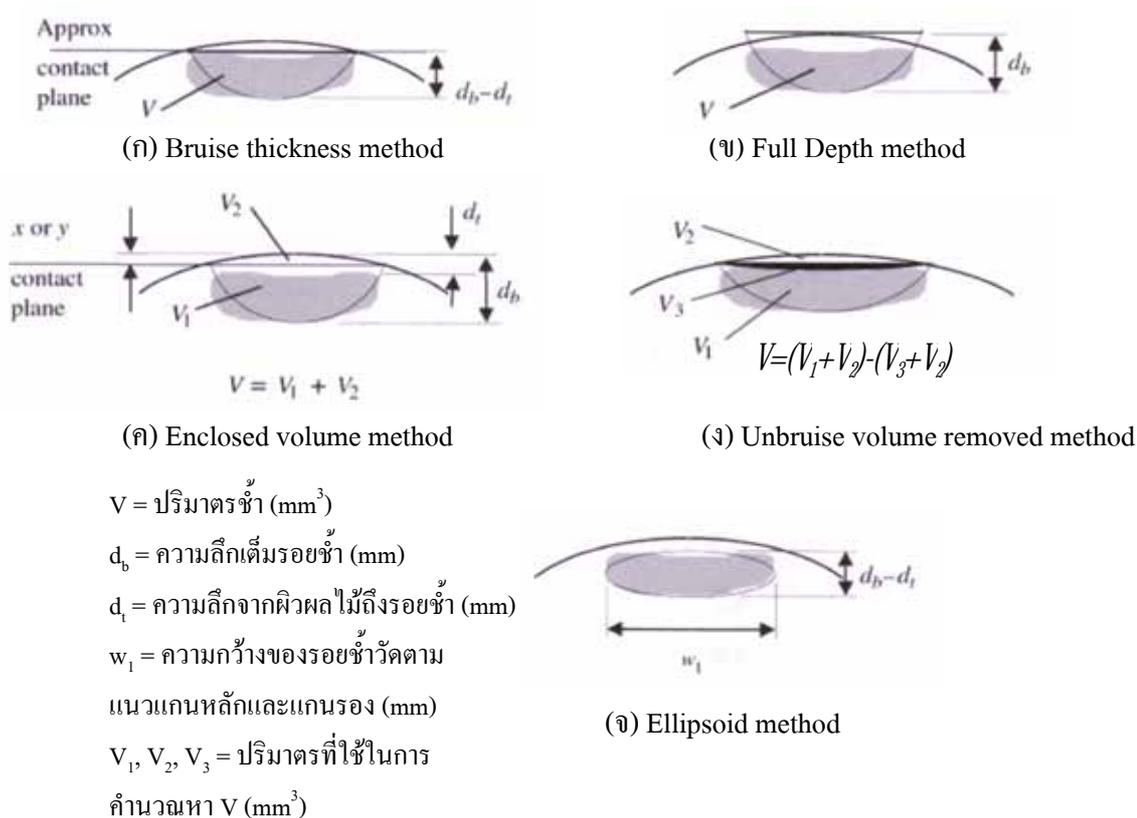
1.1 ความเสียหายของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ความเสียหายของผักผลไม้ในบรรจุภัณฑ์เนื่องจากการขนส่ง เป็นปัญหาที่สำคัญซึ่งทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อถึงตลาดลดลง งานวิจัยหลายชิ้นได้รายงานว่าความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลเชอร์รี่ มะเขือเทศ เน้คราติน และผลแพร์พันธุ์บาร์ทเล็ทมีปริมาณตั้งแต่ 15-68 % ของปริมาณการสูญเสียการตลาดทั้งหมด (Ceponis and Butterfield, 1974, 1981; Ceponis and Chappellini, 1985) ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากการขนส่งชมพูพันธุ์ทองสามสีจากผู้ค้าปลีกและผู้ค้าส่ง มีความชำรุดที่ 1.20 %, 0.64 % และถลอก 1.30 %, 0.74 % ตามลำดับ สำหรับชมพูพันธุ์ทูลเกล้าจากผู้ค้าปลีกและผู้ค้าส่ง มีความชำรุด 1.21 %, 0.38 % และถลอก 1.68 %, 0.78 % ตามลำดับ (Jarimopas *et al.*, 2007) ความเสียหายเชิงกลในฝักมะขามหวาน ได้แก่ ฝักแตก ฝักร่วง ขั้วฝักแตก ถูกพบหลังการขนส่งจากสวนไปยังผู้บริโภค สำหรับพันธุ์ศรีชมพู และสีทองเป็น 20 และ 16.3 % ตามลำดับ (บัณฑิต และ บุณย์วิษ, 2548) Nylund *et al.* (1955) ได้วิเคราะห์ความเสียหายเชิงกลของมันฝรั่งเนื่องจากการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติการขนย้ายที่ต่อเนื่องกันพบว่า การขูด การเก็บใส่ตระกร้า การบรรจุลงกระสอบ การบรรจุทุก และการลากจูงไปยังโรงเก็บรักษาและการขนถ่ายไปเก็บรักษามีความเสียหายเป็น 10.1, 0.5, 4.9, 5.7 และ 5.2 % ตามลำดับ บัณฑิต (2529) ได้ศึกษาความเสียหายเชิงกลของผลลำไยสด ที่ขนส่งจากสวนลำไยในจังหวัดลำพูนมายังตลาดมหานาคในกรุงเทพฯ โดยรถบรรทุก ระยะทาง 700 กม. พบว่าความเสียหายของลำไยในรูปของผลแตกและร่วงเฉลี่ยเท่ากับ 14.8 % ผลมั่งคุดเปลือกแข็งเนื่องจากการกระทำเชิงกลระหว่างการขนส่งที่ตรวจสอบที่ระดับพ่อค้าปลีกในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลสูงถึง 33.4 % (พนิดาและบัณฑิต, 2549)

1.2 การประเมินความชำรุดของผลไม้

รอยชำรุดได้รับอิทธิพลจากตัวแปรหลายตัว ได้แก่ แรงกระแทก (Jarimopas, 1984) พลังงานกระแทก (Jarimopas, 1984) พลังงานดูดกลืน (Jarimopas, 1984) รอยชำรุดถูกประเมินเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ผิวสัมผัสของผลไม้กับตัวกระแทก (Pang *et al.*, 1994) รอยชำรุดประเมิน

เป็นปริมาตรเนื้อช้ำ (Mohsenin, 1996; Holt and Schoorl, 1977) Bollen et al. (1999) ได้เปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรช้ำแบบต่าง ๆ 5 วิธีด้วยกันคือ 1.) Bruise thickness method (ภาพที่ 1ก.), 2.) Full Depth method (ภาพที่ 1ข.), 3.) Enclosed volume method (ภาพที่ 1ค.), 4.) Unbruise volume removed method (ภาพที่ 1ง.) และ 5) Ellipsoid method (ภาพที่ 1จ.) โดยใช้วิธีการทดสอบของ Mohsenin, 1996 ซึ่งเขาได้แนะนำวิธีที่เหมาะสมดังนี้คือ ที่พลังงานกระแทกที่ระยะปล่อยตกน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร วิธี Enclosed volume method มีความเหมาะสมที่สุด และที่พลังงานกระแทกที่ระยะปล่อยตกมากกว่า 100 มิลลิเมตร วิธี Bruise thickness method มีความเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม Chen และ Sun (1984) แนะนำว่า ปริมาตรเนื้อช้ำ (Bruise Volume) = $(\pi/8) W^2 D$ เมื่อ W = ความกว้างรอยช้ำ (มิลลิเมตร), D = ความลึกรอยช้ำ (มิลลิเมตร) สูตรนี้ใช้ง่ายและตรงไปตรงมา การวัดมีความสอดคล้องกัน ปริมาตรที่วัดได้ก็เป็นที่ยอมรับ



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีการวัดปริมาตรช้ำ

ที่มา: Bollen *et al.* (1999)

1.3 การป้องกันการชำในผลไม้

จากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับพลังงานกระแทก ทำให้ทราบว่า การลดความชำในผลไม้ทำได้โดยลดพลังงานกระแทก Peleg (1985) และ บัณฑิต (2545) แนะนำว่าวิธีการลดพลังงานกระแทกคือการใช้วัสดุกันน้ำ (Cushioning materials) และ การจัดการภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม บัณฑิตและคณะ (2543) ได้แสดงให้เห็นว่าโฟมตาข่ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5, 3 และ 5 มิลลิเมตรสามารถปกป้องแอ็บเปิ้ลจากพลังงานกระแทก 1.1 จูล ได้ 56.2, 65.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Jarimopas *et al.* (2006) ได้นำกระดาษลูกฟูกหน้าเดียวห่อผลแอปเปิ้ลโดยเอาลอนลูกฟูกออกด้านนอก ผลปรากฏว่าปริมาณน้ำเท่ากับ 1,595.3 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล สำหรับแอปเปิ้ลขนาด 100 และ 1,748.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร/จูล สำหรับแอปเปิ้ลขนาด 80 Jarimopas *et al.* (2007) ได้เอาโฟมตาข่ายหุ้มผลชมพูพันธุ์ทูลเกล้าบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 27.5 cm × 41 cm × 37 cm มีผนังกันแยกส่วนแบบวางผลชมพูในแนวอนเอียงกับด้านกว้างของกล่อง มีค่าความเสียหายของความชำและถลอกคือ 0.37%, 0.01%

กระดาษวัสดุที่ย่อยสลายได้ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุกันน้ำในการห่อผลไม้ (Peleg, 1985) มีการนำกระดาษแปรรูปเป็นกระดาษป่น (Triturated paper) บรรจุในซองแบนขนาด 50 cm x 30 cm รองกันลัง Loquat และระหว่างชั้นที่ซ้อนกัน 2 ชั้น ปรากฏว่าลดความเสียหายของผลไม้มดังกล่าวได้ 20-40 % (Barchi *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตาม กระดาษฝอย (Shredded paper) ที่ใช้บ่อย ๆ ในบรรจุภัณฑ์ป้องกันการชำ ยังขาดการศึกษาในรายละเอียดของข้อมูลการปกป้องการชำของผลไม้และการนำไปใช้งานอย่างเหมาะสม

2. การจำแนกกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง

มะพร้าว

มะพร้าว (Coconut = โคนัท) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. อยู่ในวงศ์ Palmae เป็นพืชตระกูลปาล์ม มะพร้าวมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต่อมาแพร่หลายไปยังอเมริกา อินเดีย มาดากัสการ์และแอฟริกา ชาวสเปนเป็นผู้นำไปยังหมู่เกาะเวสต์อินดีส และทะเลแคริบเบียนตอนใต้ แหล่งปลูกและผลิตมะพร้าวในปัจจุบันอยู่ตามหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก

ทวีปอเมริกาใต้ ทวีปอเมริกาเหนือ เม็กซิโก อินเดีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา อินโดนีเซียและมาเลเซีย มะพร้าวสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ในประเทศไทยปลูกมากที่จังหวัดชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (นพพร, 2542)

พานิชย์ (2544) รายงานว่าในการจำแนกพันธุ์มะพร้าวนั้นมีผู้จำแนกไว้หลายแบบซึ่งแตกต่างกันไป หลักที่ใช้ในการจำแนกพันธุ์มักจะเป็นขนาดของต้น อายุตกผล และขนาดผล พันธุ์มะพร้าวไทยได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง และต้นเตี้ย

มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง

ลักษณะสำคัญคือ ต้นสูง ออกผลช้า มีสะเกโทกที่โคนต้น ส่วนมากเป็นมะพร้าวที่ปลูกเพื่อใช้น้ำมันในเนื้อมะพร้าวสำหรับประกอบอาหาร หรือใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มักเป็นพันธุ์ต้นสูง พวกนี้มักมีอายุยืน (60-80 ปี หรือมากกว่านั้น) ขึ้นอยู่กับสภาพดิน มักจะต้านทานต่อโรคและแมลง ยกเว้นพวกไวรัสที่ทำให้เกิดโรคบางชนิด จะเริ่มติดผลเมื่ออายุประมาณ 8-10 ปีหลังปลูก ในกลุ่มนี้จะแยกพันธุ์ตามสถานที่ที่ขึ้นอยู่ หรือลักษณะของผลที่เห็นเด่นชัด เช่น มะพร้าวหัวลิง ทะลายร้อย ปากจก เปลือกหวาน มะพร้าวใหญ่ มะพร้าวกะโหลก เป็นต้น

มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย

เป็นพันธุ์ออกผลเร็ว ต้นเตี้ยไม่มีสะเกโทก พันธุ์พวกนี้มักจะติดดอกออกผลในช่วง 3 - 4 ปี หลังจากปลูก ผลผลิตจะออกเต็มที่ในช่วง 9-10 ปี อายุการให้ผลที่ระดับเศรษฐกิจอยู่ประมาณ 30 - 40 ปี สีของผลจะมีทั้งสีเหลือง ทอง สีเหลืองงาช้าง สีเขียว สำหรับผลของพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีทั้งขนาดผลเล็กและผลใหญ่ พันธุ์ผลเล็กที่สุดในกลุ่มนี้คือ Cocco Nimo ในฟิลิปปินส์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำไปปลูกกระจายทั่วไปทุกส่วนของโลก มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยได้แก่ มะพร้าวหมูสี หมูสีเขียว ทุ่งเค็ด หมูสีเหลือง มะพร้าวไฟ ปะทิว มะพร้าวอ่อน นกลุ่ม ฯลฯ

มะพร้าวต้นเตี้ยที่นิยมบริโภคในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ มะพร้าวน้ำหอม และมะพร้าวน้ำหวาน โดยมะพร้าวน้ำหอมจะมีกลิ่นหอมในตัวเองคล้ายใบเตย ส่วนมะพร้าวน้ำหวานจะมีรสหวานเพียงอย่างเดียว (กลุ่มศึกษาเพื่อติดตามและประเมินผลการเจรจาจัดทำเขตการค้าเสรี, 2550)

กลุ่มเกษตรสัญจร (2531) กล่าวว่า หนึ่งในมะพร้าวต้นเดี่ยวที่น่าสนใจมากเป็นพิเศษในปัจจุบันคือมะพร้าวอ่อนน้ำหอม ซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของผู้คนภายในประเทศและชาวต่างประเทศ มะพร้าวน้ำหอมนี้จัดเป็นมะพร้าวพันธุ์หนึ่ง แต่ในมะพร้าวน้ำหอมด้วยกันยังแยกเป็นชนิดเป็นชนิดได้อีก 3 ชนิด มีลักษณะและขนาดของผลแตกต่างกัน ส่วนด้านความหวานและความหอมของน้ำใกล้เคียงกัน ไม่มีชนิดใดเหนือกว่าอย่างชัดเจน มะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

1. มะพร้าวน้ำหอมชนิดผลยาวหรือผลเล็ก มะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้มีขนาดผลเล็ก ลักษณะผลยาวรี ผลภายในหัวท้ายแหลม ทรงผลไม่สวยงาม
2. มะพร้าวน้ำหอมชนิดผลกลม มะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้เป็นขนาดผลใหญ่ที่สุดในบรรดามะพร้าวน้ำหอมด้วยกันคือใหญ่ทั้งขนาดภายนอกและขนาดภายใน มะพร้าวชนิดนี้มีผลกลม มีเปลือกบางกว่ามะพร้าวน้ำหอมชนิดอื่น ปัจจุบันนิยมผลิตมะพร้าวชนิดนี้มาก เนื่องจากตัดแต่งผลได้ง่ายและสวยงามกว่ามะพร้าวน้ำหอมชนิดอื่น ๆ
3. มะพร้าวน้ำหอมชนิดผลรีหรือชนิดก้นจีบ เป็นมะพร้าวน้ำหอมที่มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างมะพร้าวผลยาวกับมะพร้าวผลกลม ขนาดผลของมะพร้าวน้ำหอมชนิดก้นจีบมีขนาดใหญ่พอสมควร ถึงขนาดผลจะมีขนาดใหญ่ไม่เท่ากับพันธุ์ลูกผสมก็ตาม

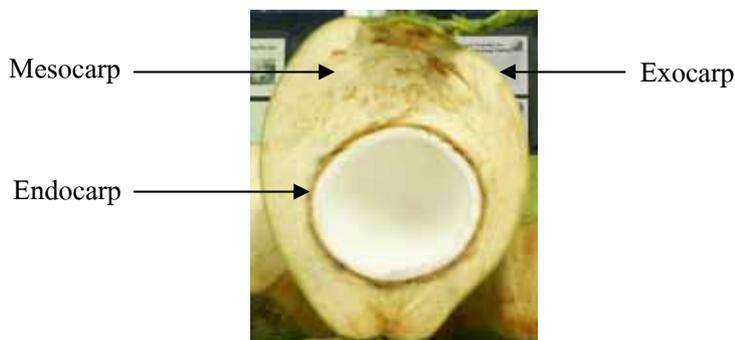
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลมะพร้าว

ผล (Fruit) ผลมะพร้าวจะมีขนาดโตเต็มที่หลังจากที่มีการผสมเกสรแล้ว 6 เดือน และหลังจากนั้นอีก 6 เดือน ผลก็จะสุกแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว ลักษณะของผลเป็นแบบ fibrous drups ที่เรียกกันว่า Tut ขนาดของผล สีของผล จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะประจำพันธุ์ ผลของมะพร้าวหรือเปลือกมะพร้าวนี้ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น (ภาพที่ 2) คือ

1. Exocarp คือ เปลือกนอกสุดของผล เป็นแผ่นของเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อผลแก่จะมีสีเขียว แดง หรือเหลืองตามลักษณะประจำพันธุ์ สำหรับผลที่แก่และแห้งจัดจะมีสีน้ำตาลเข้ม

2. Mesocarp เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเปลือกนอกเข้ามา เมื่อผลยังอ่อนมีลักษณะอ่อนนุ่มบาง พันธุ์อาจมีรสหวานรับประทานได้ แต่เมื่อผลแก่จะกลายเป็นชั้นของเส้นใยที่เรียกว่า กาบมะพร้าว (coir) ซึ่งชั้นนี้จะหนาประมาณ 4-8 เซนติเมตร (ตามแต่พันธุ์)

3. Endocarp เป็นชั้นในสุดที่มีกาบมะพร้าวหุ้มล้อมรอบ เมื่อผลแก่จะมีลักษณะแข็ง สีน้ำตาลดำ ที่เรียกว่า กะลา (husk or shell) ซึ่งผิวด้านนอกของกะลาจะมีสันนูน 3 สัน ที่กะลาด้านที่อยู่ทางซ้ายของผลจะมีตาอยู่ 3 ตา carpel ละ 1 ตา โดยมีตาแข็ง 2 ตา และตาน้ำมอันใหญ่ 1 ตา ตาน้ำมนี้จะอยู่บนส่วนของกะลาอันใหญ่ที่สุด เมื่อมะพร้าววางอกหน้าออกมา ต้นอ่อนจะแทงทะลุผ่านตาน้ำมอันนี้



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของผลมะพร้าว

เมล็ด (Seed) เมล็ดมะพร้าวคือชั้นที่อยู่ถัดจากกะลาเข้าไป (นพรัตน์, 2536) มีเปลือกเมล็ดสีดำหรือสีน้ำตาล (seed coat) มีชั้นเนื้อมะพร้าว (endosperm) ซึ่งมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 1-2 เซนติเมตร น้ำมะพร้าว (liquid endosperm) และส่วนที่เป็นต้นอ่อน (embryo)

ลักษณะและการเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อน

1. การสังเกตการสุกแก่ของมะพร้าว

วิธีการที่สามารถใช้สังเกตอายุการเก็บเกี่ยวมะพร้าวที่เหมาะสม (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2531) ได้แก่

1.1 นับทะลาย

นับทะลายที่จะเก็บเกี่ยวเป็นทะลายที่หนึ่ง แล้วนับทะลายที่ออกตามมาเป็นทะลายที่สองและสาม ไปเรื่อย ๆ เมื่อวันที่ 12 แทะออกและกาบหุ้มยังไม่แตกเป็นระยะที่มะพร้าวทะลายแรกอยู่ในช่วงที่อ่อนกำลังดี

1.2 สังเกตจากหางหนู

มะพร้าวที่มีอายุผลมาก จนกะลามีสีดำหางหนูจะแห้งตั้งแต่ขั้วผลไปจนจรดปลายมะพร้าวอ่อนหางหนูแห้งครั้งหนึ่ง ส่วนอีกครั้งหนึ่งยังคงอยู่ วิธีนี้อาจคาดเคลื่อนได้ในฤดูร้อนที่แดดจัดมาก ๆ เพราะหางหนูอาจแห้งก่อนกำหนด

1.3 สังเกตจากสีผล

บริเวณรอยต่อของขั้วกับตัวผลของผลมะพร้าวอ่อนจะมีสีขาวเป็นวงรอบขั้วผล ถ้าสีขาวยังเป็นวงกว้างก็แสดงว่ามะพร้าวยังอ่อนอยู่มาก ต่อเมื่อส่วนสีขาวบริเวณรอยต่อเหลือเพียงเล็กน้อยพอเป็นวงรอบขั้วก็แสดงว่าได้ระยะเก็บเกี่ยวพอดี

2. การเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อน

พานิชย์ (2544) กล่าวว่า การเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อนในระยะที่เหมาะสมจะได้ผลมะพร้าวที่มีคุณภาพดี คือ น้ำมีรสหวาน และมีรสอมเปรี้ยว นอกจากนี้ยังไม่มีการสร้างเนื้ออีกด้วย ในการเก็บเกี่ยวชาวสวนจะแบ่งผลมะพร้าวออกเป็น 3 ประเภทโดยดูจากความหนาของเนื้อเป็นเกณฑ์ คือ

2.1 มะพร้าวชั้นเดียว

ผลมะพร้าวมีอายุหลังจากจั่นบานประมาณ 170 วัน น้ำมะพร้าวยังไม่หวาน วัดความหวานได้ประมาณ 5.0 – 5.6 เปอร์เซ็นต์บrix มะพร้าวเริ่มจะสร้างเนื้อภายในกะลา การเกิดเนื้อมะพร้าวจะเกิดบริเวณก้นผลก่อน แล้วจะหนาขึ้น ไปเรื่อยๆ จนถึงหัวผล เนื้อจะมีลักษณะเป็นวุ้นบาง

ๆ ประมาณครึ่งผล เมื่อเปิดส่วนกันแล้วมองลงไปตรงๆ ไปที่ส่วนหัวของมะพร้าวจะมองเห็น
กะลาสีเหลืองอ่อนได้อย่างชัดเจน ไม่เหมาะในการบริโภค

2.2 มะพร้าวชั้นครึ่ง

ผลมะพร้าวมีอายุหลังจากจั่นบานประมาณ 180 – 185 วัน น้ำเริ่มหวานขึ้น วัดความ
หวานได้ประมาณ 6.0 – 6.6 องศาบริกซ์ มะพร้าวเริ่มสร้างเนื้อมากขึ้นจนเกือบเต็มกะลา แต่บริเวณ
ส่วนชั้นของผลยังคงมีลักษณะเป็นวุ้นอยู่บ้าง มะพร้าวชนิดนี้ยังถือว่าอ่อน ไม่เหมาะแก่การขายทั้ง
ผล แต่เหมาะสำหรับบรรจุแก้วใส่ในตู้เย็น ชนิดที่แต่ละแก้วมีทั้งน้ำทั้งเนื้ออยู่ด้วยกัน อย่างไรก็ตาม
มีผู้บริโภคบางรายชอบบริโภคมะพร้าวแบบชั้นครึ่งนี้เหมือนกัน

2.3 มะพร้าวสองชั้น

ผลมีอายุหลังจากจั่นบานประมาณ 200 – 210 วัน น้ำมีรสหวาน วัดความหวานได้
6.6 – 7.0 เฟอร์เซนต์บริกซ์ มะพร้าวที่มีเนื้อหนาอ่อนนุ่ม เต็มผลแต่ยังไม่แก่จนเกินไป หรือไม่แก่จน
เนื้อภายในแข็ง สามารถบริโภคเนื้อได้ทั้งผล ส่วนใหญ่ชาวสวนจะเก็บเกี่ยวมะพร้าวในช่วงนี้

คุณภาพของมะพร้าวอ่อนที่มีวัยหรือความแก่ที่เหมาะสมย่อมทำให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี
เพราะวัยของผลมะพร้าวที่เก็บเกี่ยวมานั้นมีผลโดยตรงต่อคุณภาพในการรับประทาน การเก็บเกี่ยว
มะพร้าวอ่อนเพื่อการบริโภคสดนั้น หากเก็บเกี่ยวผลที่มีวัยอ่อนหรือแก่เกินไป ย่อมทำให้คุณภาพ
ของผลลดลง โดยการเก็บเกี่ยวผลอ่อนเกินไปจะทำให้ให้น้ำมะพร้าวมีรสเปรี้ยว ส่วนการเก็บเกี่ยวผล
แก่เกินไปเนื้อจะแข็ง กลิ่นเปลี่ยนไป โดยทั่วไปมะพร้าวอ่อนที่มีคุณภาพดี คือ มะพร้าวที่เก็บเกี่ยว
เมื่อการพัฒนาของเนื้อประมาณชั้นครึ่งถึง 2 ชั้น เพราะช่วงอายุการเก็บเกี่ยวดังกล่าวมะพร้าวจะมี
กลิ่นหอม รสหวานกลมกล่อม และเนื้อนุ่ม เว้นแต่พวกชั้นครึ่งจะมีน้ำออกเปรี้ยวเล็กน้อย โดยเฉลี่ย
มะพร้าวอ่อนที่เก็บสดมีรสหวานไม่เปรี้ยวจะมีความหวานตั้งแต่ 7 % ขึ้นไป สัดส่วนความหวานต่อ
กรดสูงกว่า 95 % สำหรับมะพร้าวชั้นครึ่งและชั้นเดียว ความหวานของน้ำจะใกล้เคียงกันประมาณ
6 - 7 % แต่สัดส่วนความหวานต่อกรดจะอยู่ระหว่าง 75 - 90 และต่ำกว่า 75 % ตามลำดับ หาก
สัดส่วนระหว่างความหวานต่อกรดยังน้อย น้ำมะพร้าวจะยิ่งเปรี้ยว ดังนั้นสำหรับการส่งออกแล้ว
ควรจะเก็บมะพร้าวที่มีความแก่เมื่อเนื้อได้ขนาดชั้นครึ่งถึง 2 ชั้น

2.1 สมบัติทางกายภาพของผลไม้ที่สัมพันธ์กับระยะเวลาเจริญเติบโต

2.1.1 คุณลักษณะทางกายภาพ (Physical properties)

บัจจิต (2545) กล่าวว่า คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิว ความถ่วงจำเพาะ และคุณลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ ซึ่งเป็นตัวแปรทางวิศวกรรมที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อจะศึกษาถึงกระบวนการหรือการพัฒนาเครื่องมือมาทำงานกับเมล็ดพืช เมล็ดพันธุ์ ผัก ผลไม้ ไข่ เส้นใย ฯลฯ

รูปร่างและขนาด (Shape and Size)

รูปร่างและขนาดเป็นสิ่งจำเป็นและแยกจากกันไม่ได้ในการอธิบายวัตถุทางกายภาพ ในการระบุรูปร่าง เราต้องวัดตัวแปรมิติบางตัว Mohsenin (1978) เขียนไว้ว่าการวัดตามแนวแกนตั้งฉากกันที่สัมพันธ์กันหลาย ๆ แกนเพียงพอ Griffith (1964) ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก้อนกรวดกลุ่มหนึ่งกับมิติตามแนวแกน พบว่าระยะตามแนวแกนที่ตั้งฉากกันสามระยะมีปริมาณ 93 % ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร และจากปริมาณนี้ 96 % เป็นผลมาจากค่าที่วัดได้ในแกนใหญ่ (Major axis) และแกนเล็ก (Minor axis) จริงแท้ (2542) กล่าวว่า ผลไม้หลายชนิดมีรูปร่างลักษณะเปลี่ยนไประหว่างการเจริญเติบโต เช่น กล้วย เมื่อยังเล็กรอบผิวผลจะมองเห็นเป็น 4-5 เหลี่ยมชัดเจน เมื่อเจริญเติบโตเต็มผลที่จะมีลักษณะกลมมน ผลทุเรียนเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่ปลิงที่ขั้วผลจะพองออกจากเดิม

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

บัจจิต (2546) กล่าวว่า ความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่น เป็นตัวแปรคุณลักษณะทางกายภาพที่สำคัญในการออกแบบไซโลและถังเก็บรักษา การแยกวัสดุที่ไม่ต้องการออกไปจากของผสมทางการเกษตร การหาความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ การคำนวณหาช่องว่างอากาศในเนื้อเยื่อพืช การเจริญเติบโตของผลไม้มักเริ่มด้วยการขยายขนาดของเซลล์ จนถึงระยะหนึ่งจึงเริ่มมีการสะสมอาหารในรูปแบบต่าง ๆ เช่น น้ำตาลและแป้ง ซึ่งถูกลำเลียงมาสะสมในผลมากขึ้น น้ำหนักแห้งของผลสูงขึ้น ทำให้ความถ่วงจำเพาะของผลสูงขึ้นและใช้เป็นดัชนีความบริสุทธิ์ได้ (จริงแท้, 2542) เช่น มะม่วงน้ำดอกไม้เมื่อยังอ่อนความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.9 - 1.0

แต่เมื่อถึงวัยบริบูรณ์ความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นเป็น 1.03-1.04 บัณฑิตและอุดมศักดิ์ (2548) ได้พัฒนาระบบเครื่องมือวัดหาความถ่วงจำเพาะ (ถพ.) ของผลไม้แบบอัตโนมัติ (AMS) และทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องชั่งแบบถ่วงก้อนน้ำหนัก (BBS) และการใช้เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องคิดเลข (EBC) ผลปรากฏว่า วิธี BBS, EBC และ AMS สามารถหาค่าปริมาตรของผลไม้ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งสามวิธีหาค่าความถ่วงจำเพาะของแอปเปิ้ลและแตงโมได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และ AMS เป็นวิธีที่สามารถหาความถ่วงจำเพาะ และปริมาตรผลไม้ได้เร็วที่สุด.

2.1.2 ความแน่นเนื้อ (Firmness)

Chen (1996) อธิบายว่าความแน่นเนื้อเป็นสมบัติทางกายภาพประการหนึ่งที่บ่อยครั้งจะถูกใช้ประเมินคุณภาพผักผลไม้ สำหรับผลิตภัณฑ์เกษตรหลายอย่าง ความแน่นเนื้อสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของการเจริญเติบโตทั่ว ๆ ไป ความแน่นเนื้อของผลไม้ลดลงทีละน้อยเมื่อมันโตเต็มที่มากขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมันสุก ผลไม้ที่เสียหายหรือสุกเกินไปจะนิ่ม ดังนั้นความแน่นเนื้อสามารถใช้เป็นเกณฑ์สำหรับคัดเลือกผลิตภัณฑ์เกษตรออกเป็นกลุ่มความเจริญเติบโตต่าง ๆ หรือแยกพวกที่สุกเกินไป และพวกที่เสียหายออกจากพวกดี Finney (1969) เสนอเกณฑ์การประเมินความแน่นเนื้อจาก ก) แรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปที่กำหนดให้ภายในผลิตภัณฑ์นั้น ข) การเปลี่ยนรูปที่เกิดจากแรงมาตรฐาน และ ค) อัตราส่วนแรงต่อการการเปลี่ยนรูปภายในวัสดุระหว่างถูกภาระเชิงกลกระทำ

บัณฑิต (2545) การตอบสนองของแรงของทรงกลมยืดหยุ่นที่กระแทกผิวแข็ง ถูกควบคุมโดยความเร็วของการกระแทก มวล รัศมี ความโค้ง โมดูลัสความยืดหยุ่นและอัตราส่วนผิวของของทรงกลม นักวิจัยหลายคน (Nahir *et al.*, 1986; Delwiche *et al.*, 1987) ได้ทำการทดลองปล่อยผลไม้ลงมากระแทกกับผิวพื้นแข็ง และพบว่าความแน่นเนื้อสัมพันธ์โดยตรงต่อการตอบสนองของแรง หรือคุณลักษณะแรงกระแทกสัมพันธ์อย่างสูงมากกับ โมดูลัสยืดหยุ่นของผลไม้และความแน่นเนื้อของผลไม้ นั้น Chen *et al.* (1985) ได้ใช้หัวกระแทกเล็ก ๆ ที่รูน้ำหนักและรัศมี ความโค้ง ปล่อยลงไปกระแทกกับผลไม้และวัดความเร่งของหัวกระแทกเพื่อวัดความแน่นเนื้อของผลไม้ Jarimopas and Kitthawee (2007) ได้ประยุกต์หลักการอัตราส่วนแรงต่อการการเปลี่ยนรูป และใช้หัวกระแทกเล็ก ๆ ที่รูน้ำหนักและรัศมี ความโค้งหาความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

และโซคอนันต์ พบว่าความเร่งต่อเวลา (A/t) ของผลมะม่วงทั้งสองพันธุ์จะคงที่ในช่วงหนึ่งจนถึงวันบริบูรณ์หลังจากนั้นจึงลดลงอย่างรวดเร็ว สมการ Weibull สามารถจำลองแนวโน้มความสัมพัทธ์ระหว่าง A/t กับอายุ x (วัน) ได้ดีมาก $A/t = 0.89 - 48.94e^{-1.6E8x^{-3.7}}$ (น้ำดอกไม้, $R^2 = 0.98$) และ $A/t = 1.09 - 246.62e^{-5.7E5x^{-2.5}}$ (โซคอนันต์, $R^2 = 0.97$) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับความแน่นเนื้อที่หาจากอัตราส่วนแรง, F กับ การเปลี่ยนรูป, D ที่ได้จาก Universal Teating Machine (UTM) และสามารถจำลองความสัมพัทธ์ระหว่าง F/D กับอายุของผลมะม่วงได้ดีมาก $F/D = 27.56 - 1659e^{1.4E9x^{-4.2}}$ (น้ำดอกไม้, $R^2 = 0.96$) และ $F/D = 33.10 - 21813e^{6.8E5x^{-2.5}}$ (โซคอนันต์, $R^2 = 0.96$) ระยะการเจริญเติบโตของผลมะม่วงมีอิทธิพลต่อความแน่นเนื้อของผลมะม่วง วิธีการแตกสามารถระบุความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ภายในกรอบทฤษฎียืดหยุ่น มีความรวดเร็ว ไม่ทำลายผลไม้และมีความถูกต้อง ความถ่วงจำเพาะของน้ำดอกไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นสมการเส้นตรงจำลองความสัมพัทธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะ SG กับอายุ x (วัน) คือ $SG = 0.87 + 0.0016x$ ($R^2 = 0.90$) ไม่มีความสัมพัทธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับอายุในมะม่วงโซคอนันต์

2.1.3 สมบัติเชิงกล (Mechanical properties)

บัณฑิต (2545) กล่าวว่า สมบัติเชิงกลของวัสดุ คือ สมบัติทางวิทยากระแสนที่รวมเอาสมบัติที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของวัสดุนั้นภายใต้แรงที่มากกระทำ สมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) ได้แก่ ความเครียด (Strain) ความเค้น (Stress) จุดคราก (Yield point) จุดชีวคราก (Bioyield point) จุดแตก (Rupture point) เป็นต้น บัณฑิตและคณะ (2530) ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของก้านทุเรียนภายใต้แรงกระทำด้วยวิธี Beam test และ radial compression ปรากฏว่า โมดูลัสความยืดหยุ่นของก้านทุเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลทุเรียนมีอายุมากขึ้น ทั้งในแนวรัศมีและตามความยาวก้าน ทั้งสองวิธีทดสอบให้ผลไปในทางเดียวกันและเป็นสัดส่วนกัน นักวิจัยหลายคน (Jarimopas, 1984; Chen and Sun, 1984; Diehl and Ordonez, 1982; Diehl *et al.*, 1979; Firdley and Adrian, 1966; Holt and Schoorl, 1977; Horsfield *et al.*, 1972; Mohsenin, 1996; Holt and Schoorl, 1983; Schoorl and Holt, 1980; Chen *et al.*, 1987) ใช้สมบัติเชิงกลศึกษาความชื้นและความยืดหยุ่นของผลไม้

2.2 สมบัติเสียง (Sound properties)

ในการตรวจสอบคุณภาพผลไม้ไทยหลายชนิด เกษตรกรใช้วิธีเคาะหรือตีผลไม้ด้วยมือหรือเส้นหวาย เพื่อฟังเสียงสะท้อน เช่น สับประรด ทูเรียน แดงโม มะพร้าวอ่อน มะม่วง เป็นต้น (บัณฑิต, 2549) บัณฑิต และคณะ (2547) ได้พัฒนาเครื่องวัดสมบัติเสียงสะท้อนของผลสับประรด ปรากฏว่าสามารถตรวจจับความถี่ธรรมชาติของผลสับประรดที่ระยะอ่อนแก่ต่างกัน ได้ผล สอดคล้องกับการใช้เครื่อง Signal Analyzer (YOGOKAWA AR 1200) อนุพันธ์ และคณะ (2541) ได้นำหลักการวัดความถี่ธรรมชาติแบบ Free vibration โดยใช้การเคาะผลไม้ และฟังเสียงมาศึกษา และประยุกต์ใช้กับผลทูเรียนเพื่อหาดัชนีความถี่ธรรมชาติของทูเรียน และนำดัชนีความถี่ธรรมชาติของทูเรียน (ซึ่งคำนวณจากความถี่ธรรมชาติ f_n และ น้ำหนัก m ของผลทูเรียน) มาวัดความแก่ พบว่าดัชนีที่เหมาะสมอยู่ใน $\frac{2}{3} f_n^2 \ln(m)$ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อทูเรียนมีอายุแก่มาก Kouno *et al.* (1993) ได้ศึกษาการคัดแยกแดงโมที่ใส่ส้มและเสนอเครื่องวัดคุณภาพแดงโมอัตโนมัติ โดยแดงโมที่ระยะความเจริญเติบโตต่างกันจะมีความถี่สั้นพ้อง (ความถี่ธรรมชาติ, f_n) และความยาวผลต่างกัน Abbot *et al.*, (1968) ได้ศึกษาการวัดคุณภาพของแอปเปิ้ลด้วยเสียง พบว่า Stiffness coefficient มีค่าเท่ากับมวล (mass) คูณด้วยกำลังสองของค่าความถี่ธรรมชาติค่าต่ำสุด สามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนความสุกแก่ของผลแอปเปิ้ลได้ โดยค่าความถี่ธรรมชาติจะลดต่ำลงเมื่อแอปเปิ้ลสุกขึ้น และความถี่ธรรมชาติยังมีความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อของผลไม้อย่างดี

2.3 สมบัติทางสรีรวิทยา (Physiological properties)

2.3.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรด Total Soluble Solid (TSS) and Titratable Acidity (TA)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และปริมาณกรดมักถูกใช้ในการประเมินคุณภาพและความสุกแก่ของผลไม้หลายชนิด ปริญญา และฉลองชัย (2542) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดงเพื่อหาดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เพิ่มขึ้นตามอายุผล ส่วนปริมาณกรดในน้ำคั้น (TA) มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จริงแท้ (2542) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด และของแข็งที่ละลายน้ำได้กับอายุผลของส้ม โอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวทองดี จากการทดลองพบว่าปริมาณกรดมีแนวโน้มลดลง ส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้มีลักษณะลดลงในช่วง

3-5 เดือนแรกนับจากดอกบาน แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งอายุ 7 เดือนนับจากดอกบาน หลังจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกันทั้งสองพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาวัสดุกันชื้นจากกระดาษฝอยเพื่อทดแทน โฟมตาข่ายในการบรรจุผลผลิต
เกษตร

1.1 อุปกรณ์

- ชุดทดสอบการกระแทกแบบ Ballistic pendulum (บันทึก และ ศุภกิต, 2547)
- เครื่องทำลายเอกสาร (GBC Shredmaster 750s, CHINA และ TWIIN, 600S, CHINA)
- เวอร์เนียคาลิเปอร์ (SORA, CHINA ความละเอียด 0.05 mm)
- เครื่องชั่งแบบตัวเลข (SARTORIUS, PT6-000V2, USA ความละเอียด 0.1 g)
- มีดขาวบางและเขียง
- แอ็บเปิ้ลฟูจิ ขนาด 88 และ 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 กิโลกรัม
- ฝ้ายดิบ เข็ม และ ด้าย

1.2 การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการป้องกันการชื้นของกระดาษฝอย

วิธีการทดสอบ

1) เตรียมกระดาษฝอยจากกระดาษหนังสือพิมพ์ใช้แล้ว และกระดาษถ่ายเอกสาร 80 แกรม โดยใช้เครื่องทำลายเอกสาร GBC, Shredmaster 750s และ TWIIN, 600s ซึ่งสามารถตัดกระดาษฝอยขนาดความกว้าง 6 และ 3 mm (ภาพที่ 3)



ก) กระจาดถ้ายเอกสาร ข) กระจาดหนังสือพิมพ์ ค) กระจาดถ้ายเอกสาร ง) กระจาดหนังสือพิมพ์
 ฝอยขนาดกว้าง 3 mm ฝอยขนาดกว้าง 3 mm ฝอยขนาดกว้าง 6 mm ฝอยขนาดกว้าง 6 mm

ภาพที่ 3 กระจาดฝอยแบบต่างๆ



ภาพที่ 4 ถุงผ้าดิบขนาด 10 cm × 29 cm × 3 cm บรรจุกระจาดหนังสือพิมพ์ฝอยและกระจาดถ้ายเอกสารฝอย ความหนาแน่น 36, 48, 60 และ 72 kg/m³ แบ่งเป็น 1, 2 และ 4 ช่อง



ภาพที่ 5 แอ็บเปิ้ลที่ทำเครื่องหมายแบ่งกึ่งกลางผลและห่อด้วยถุงผ้าดิบบรรจุกระจาดฝอย

2) บรรจุกระดาษฟอยลงในถุงผ้าดิบขนาด (กว้าง \times ยาว \times หนา) $10 \text{ cm} \times 29 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ ให้ได้น้ำหนัก 30, 40, 50, และ 60 g ซึ่งจะได้ความหนาแน่น 36, 48, 60 และ 72 kg/m^3 แล้วนำไปเย็บแบ่งช่องด้วยจักรไฟฟ้า แบ่งถุงผ้าออกเป็น 1, 2 และ 4 ช่อง (ภาพที่ 4)

3) ทำเครื่องหมายแบ่งกึ่งกลางที่ผลเอ็บบีตขนาด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เพื่อเป็นจุดใช้เล็งที่จะกระแทก (ภาพที่ 5)

4) นำผลเอ็บบีตขนาด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg วางบนเครื่องทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้มนาฬิกา (ภาพที่ 6) ทดสอบที่ระดับพลังงานกระแทก 2 จูล แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชม. เพื่อให้เห็นรอยชำรุดชัดเจน โดยพลังงานที่ใช้ในการกระแทกหาได้จาก

$$E_i = mgR(1 - \cos\theta_i) \quad (1)$$

โดยที่ E_i = พลังงานกระแทก (J)

m = มวลลูกตุ้ม (kg)

g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

R = ความยาวของเชือก (m)

θ_i = มุมที่กระแทก (องศา)

ที่มา: Jarimopas, 1984

5) ผ่าครึ่งผลเอ็บบีตตามเครื่องหมายที่ทำไว้ (ภาพที่ 7) วัดขนาดรอยชำรุดและหาปริมาตรชำรุดได้จาก

$$V = \frac{\pi}{8} w^2 d \quad (2)$$

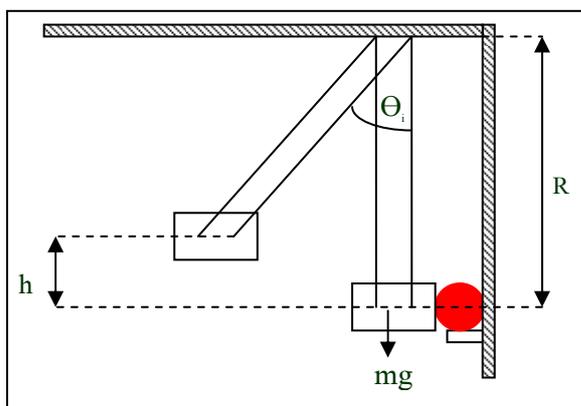
โดยที่ $V =$ ปริมาตรซ้ (mm³)

$w =$ ความกว้างของรอยซ้ (mm)

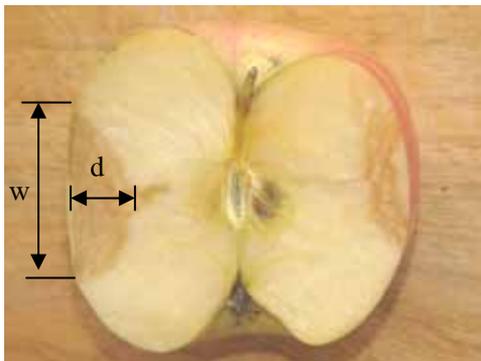
$d =$ ความลึกของรอยซ้ (mm)

ที่มา: Chen and Sun, 1981

- 6) ทำซ้ ข้อ 3) – 5) แต่ห่อผลเอ็บบีเปิดด้วยวัสดุกันซ้จากกระดาษหนังสือพิมพ์ กว้าง 3 mm ความหนาแน่น 36 kg/m³ จำนวนช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง ตามลำดับ
- 7) ทำซ้ ข้อ 3) – 6) แต่เปลี่ยนความหนาแน่นวัสดุกันซ้เป็น 48, 60 และ 72 kg/m³
- 8) ทำซ้ ข้อ 3) – 7) แต่ห่อผลเอ็บบีเปิดด้วยวัสดุกันซ้จากกระดาษหนังสือพิมพ์ กว้าง 6 mm และกระดาษถ่ายเอกสาร 80 แกรม กว้าง 3 และ 6 mm ตามลำดับ
- 9) ทำซ้ ข้อ 3) – 8) แต่เปลี่ยนเป็นผลเอ็บบีเปิดขนาด 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg



ภาพที่ 6 เครื่องทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้มนาฬิกา



ภาพที่ 7 การหาปริมาตรซ้ำของผลแอปเปิ้ล

1.3 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของพลังงานกระแทกกับปริมาตรซ้ำ

วิธีการทดสอบ

- 1) ทำเครื่องหมายแบ่งกึ่งกลางที่ผลแอปเปิ้ลขนาด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เพื่อเป็นจุดเล็งที่จะกระแทก
- 2) นำผลแอปเปิ้ลขนาด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg วางบนเครื่องทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้มนาฬิกา ทดสอบที่ระดับพลังงานกระแทก 0.25 จูล แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชม. เพื่อให้เห็นรอยซ้ำชัดเจน คำนวณหาปริมาตรซ้ำจากสมการ (2)
- 3) ทำซ้ำ ข้อ 1) – 2) แต่เปลี่ยนเป็นระดับพลังงานกระแทกเป็น 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75 และ 2.00 จูล ตามลำดับ
- 4) ทำซ้ำ ข้อ 1) – 3) แต่ห่อผลแอปเปิ้ลด้วยวัสดุกันซ้ำจากกระดาษหนังสือพิมพ์กว้าง 3 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 จำนวนช่องแบ่ง 1 ช่อง
- 5) ทำซ้ำ ข้อ 1) – 4) แต่ห่อผลแอปเปิ้ลด้วยวัสดุกันซ้ำจากกระดาษหนังสือพิมพ์กว้าง 6 mm และกระดาษถ่ายเอกสาร 80 แกรมกว้าง 3 และ 6 mm ตามลำดับ

6) ทำซ้ำ ข้อ 1) – 5) แต่เปลี่ยนเป็นผลเอ็บบีลขนาด 100 ผลต่อ 20 kg

7) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกระแทกกับปริมาตรซ้ำ โดยให้แกนนอนเป็นค่าระดับพลังงาน และแกนตั้งเป็นปริมาตรซ้ำ

8) คำนวณค่าความสามารถในการปกป้องการซ้ำจากสมการ

$$\text{ความสามารถในการปกป้องการซ้ำ(\%)} = 1 - \frac{V}{V_B} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ $V =$ ปริมาตรซ้ำ (mm^3)

$V_B =$ ปริมาตรซ้ำของผลไม้เป็ล (mm^3)

1.4 การทดสอบความสัมพันธ์ของความน่าจะเป็นของปริมาตรซ้ำกับพลังงานกระแทก

วิธีทดสอบ

1) ทำเครื่องหมายแบ่งกึ่งกลางที่ผลเอ็บบีลขนาด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เพื่อเป็นจุดที่จะกระแทก

2) นำผลเอ็บบีลขนาด 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg วางบนเครื่องทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้มนาฬิกา ทดสอบที่ระดับพลังงานกระแทก 0.025 จูล แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชม. เพื่อให้เห็นรอยซ้ำชัดเจน คำนวณหาปริมาตรซ้ำจากสมการ (2)

3) ทำซ้ำ ข้อ 1) - 2) แต่เปลี่ยนเป็นระดับพลังงานกระแทกเป็น 0.031, 0.04, 0.05, 0.064, 0.078, 0.1, 0.125, 0.15, 0.175 และ 0.2 จูล ตามลำดับ

4) ทำซ้ำ ข้อ 1) - 2) แต่ห่อผลเอ็บบีลด้วยวัสดุกันซ้ำจากกระดาษหนังสือพิมพ์ขนาด 3 mm ความหนาแน่น 36 kg/m^3 จำนวนช่องแบ่ง 1 ช่อง และเปลี่ยนระดับพลังงานกระแทกเป็น 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1.0, 1.25 และ 1.5 ตามลำดับ

5) ทำซ้ำ ข้อ 1) ข้อ 2) และ ข้อ 4) แต่ห่อผลเอ็บบีบเปิดด้วยวัสดุกันน้ำจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ขนาดกว้าง 6 mm และกระดาษถ่ายเอกสาร 80 แกรมขนาดกว้าง 3 และ 6 mm ตามลำดับ

6) ทำซ้ำ ข้อ 1) ข้อ 2) ข้อ 4) และ ข้อ 5) แต่เปลี่ยนเป็นผลเอ็บบีบเปิดขนาด 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg

7) กำหนดความน่าจะเป็นของการซ้ำหาได้จาก

$$\text{ความน่าจะเป็นของการซ้ำ} = \frac{\text{จำนวนผลเอ็บบีบเปิดที่ซ้ำ}}{\text{จำนวนผลเอ็บบีบเปิดทั้งหมด}} \times 100 \quad (4)$$

2. การจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสถียร

2.1 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (OHAUS CORPORATION, CD11, JAPAN ความละเอียด 0.01 g)
- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (SARTORIUS, PT 6-000V2, USA ความละเอียด 0.1 g)
- กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Panasonic, DMC FZ-10, JAPAN)
- เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (SORA, CHINA ความละเอียด 0.05 mm)
- ผลมะพร้าวอ่อน 3 ระยะการเจริญเติบโต คือ ช่วงเนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น
- Outside Caliper
- เครื่องวัดความหวาน Digital Refractometer (Atago, PR-32, JAPAN)
- เครื่อง Universal Testing Machine, UTM (Instron, 5569, USA)
- เครื่องวัดสมบัติเสถียรสะท้อน (บัณฑิตและคณะ, 2547)
- เครื่องคอมพิวเตอร์ (Fujitsu, liftbook S2210, JAPAN)

- ไม้บรรทัด
- อุปกรณ์ไตเตรต

วิธีการประกอบด้วยการศึกษาสมบัติของผลมะพร้าวอ่อนที่สัมพันธ์กับระยะเวลาเจริญเติบโต โดยพิจารณาแบ่งระยะความเจริญเติบโตออกเป็น เนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสี่ยงกับระยะเวลาเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อน โดยแบ่งช่วงการเจริญเติบโตเป็น 10 ช่วง (อายุเก็บเกี่ยว 170-206 วัน) แต่ละช่วงห่างกัน 4 วัน จำนวนช่วงละ 20 ตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การจำแนกระยะเวลาเจริญเติบโตของมะพร้าวอ่อนโดยใช้สมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสี่ยง พิจารณาระยะการเจริญเติบโตของมะพร้าวอ่อนจากความหนาของเนื้อมะพร้าว Gatchalian *et al.* (1994) รายงานว่าระยะเวลาเจริญเติบโตมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ต่อความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ เนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น กับระยะอ่อน กำลั้งดี และแก่ หาสมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสี่ยงของทั้ง 3 ช่วง ๆ ละ 100 ตัวอย่าง ใช้ Discriminant Analysis (DA) และ Partial Least Square Regression (PLSR) สร้างสมการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าว

2.2 การศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristic)

เป็นการศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพประกอบด้วย น้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง และความถ่วงจำเพาะของผลมะพร้าว

วิธีการทดสอบ

1) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุด และขนาดความสูงที่สุดของผลมะพร้าวอ่อน โดยใช้ Outside caliper วัดที่ผลมะพร้าวอ่อน แล้วใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดที่ปลาย Outside caliper (ภาพที่ 8) และชั่งน้ำหนักผลมะพร้าวอ่อน (ภาพที่ 9ก)

2) หาคความถ่วงจำเพาะของผลมะพร้าวอ่อนด้วยวิธีแทนที่น้ำ โดยใช้ภาชนะใส่น้ำ แล้ววางบนเครื่องชั่งน้ำหนักชนิดตัวเลข นำผลมะพร้าววางลงในน้ำแล้วกดผลมะพร้าวให้จมพอดีกับผิวน้ำ (ภาพที่ 9ข)

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของผลมะพร้าวอ่อนในอากาศ}}{\text{น้ำหนักของน้ำที่ถูกผลมะพร้าวอ่อนแทนที่}} \quad (5)$$

ที่มา: Mohsenin (1996)

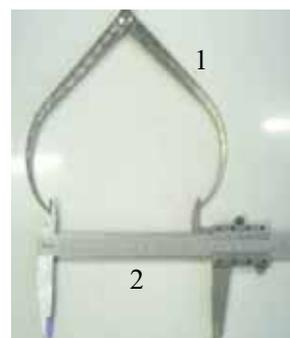
3) ทำซ้ำจนครบ 300 ผล



ก. การวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง



ข. การวัดความสูงของผล



ค. (1) การวัด Outside caliper ด้วย (2) เวอร์เนียคาลิเปอร์

ภาพที่ 8 การวัดขนาดของผลมะพร้าวอ่อน



ก. ชั่งน้ำหนักผลมะพร้าวอ่อนในอากาศ



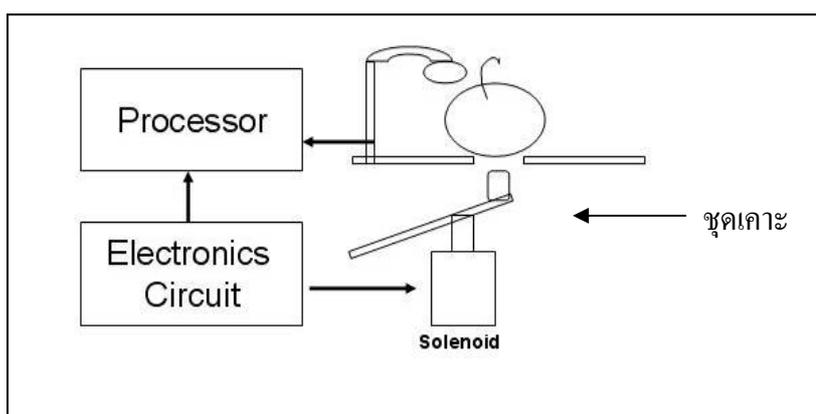
ข. ชั่งน้ำหนักน้ำที่ถูกผลมะพร้าวอ่อนแทนที่

ภาพที่ 9 การหาความถ่วงจำเพาะของผลมะพร้าวอ่อน

2.3 การศึกษาสมบัติทางเสียง

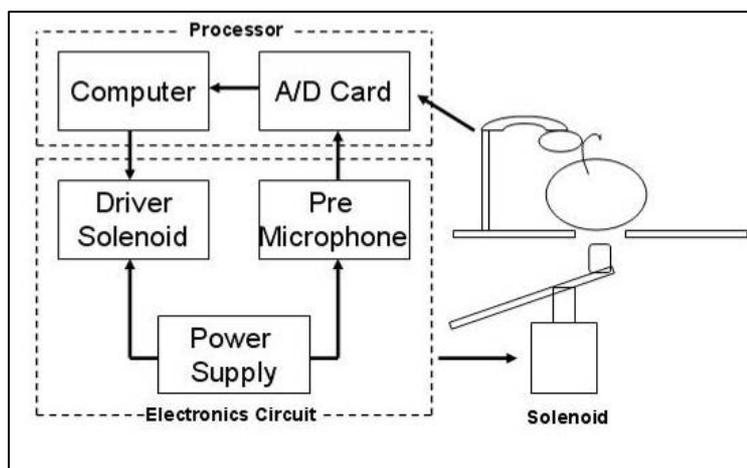
เป็นการหาความถี่สั่นพ้อง (Resonance frequency, f_n (Hz)) ของผลมะพร้าวอ่อน (อนุพันธ์และคณะ, 2541)

โครงสร้างและส่วนประกอบของอุปกรณ์ทดสอบหาสมบัติเสียง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ตัวประมวลผล (Processor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Circuit) และ ชุดเคาะผลไม้ (ภาพที่ 10)

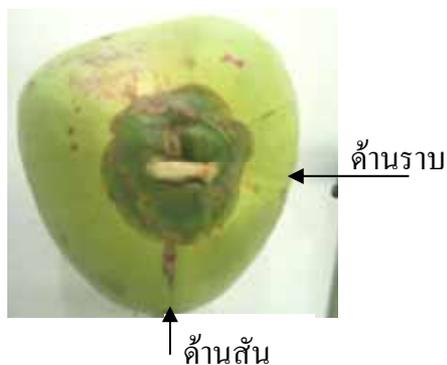


ภาพที่ 10 โครงสร้างของชุดอุปกรณ์ทดสอบหาสมบัติเสียง

ตัวประมวลผล ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์และตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เปลี่ยนเป็น สัญญาณดิจิทัล (A/D) ในที่นี้คือ การ์ดเสียง (Sound Card) ซึ่งถูกติดตั้งไว้ภายในตัวคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ไต่อะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์ทดสอบหาสมบัติเสียง



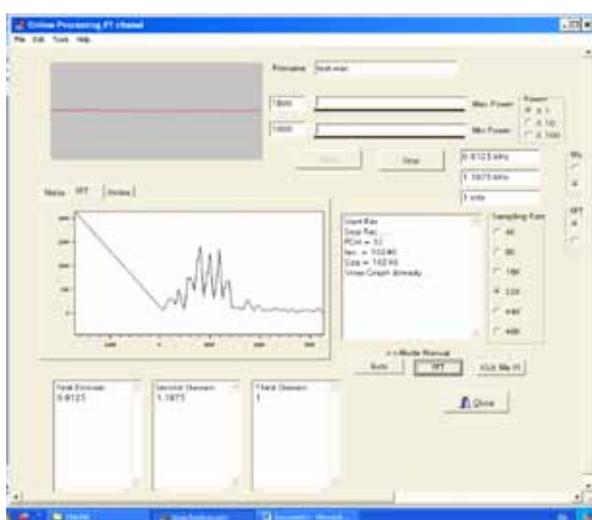
ภาพที่ 12 ตำแหน่งบนผลมะพร้าวอ่อนที่ถูกเจาะหาสมบัติเสียง



ภาพที่ 13 การทดสอบหาสมบัติเสียงของมะพร้าวอ่อน

วิธีการทดสอบสมบัติทางเสียง

- 1) กำหนดจุดเกาะบนผลมะพร้าวอ่อน 3 จุดด้านสัน และ 3 จุดด้านราบ (ภาพที่ 12)
- 2) ใช้ตัวอย่างของหัวข้อ 2.2 วางผลมะพร้าวอ่อนบนชุดทดสอบหาสมบัติเสียง (ภาพที่ 13) ใช้คนกดที่ก้านเคาะให้หัวเคาะไปเกาะผลมะพร้าวอ่อน ทำการเคาะจุด ละ 3 ครั้ง สัญญาณเสียงที่ได้จะถูกป้อนเข้าโปรแกรม โดยผ่านไมโครโฟนวางจรับ ขยาย และกรองสัญญาณเสียงก่อนเข้าสู่การ์ดเสียงของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D) แล้ววิเคราะห์ผลด้วยวิธี Fast-Fourier Transform (FFT) (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 หน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงการควบคุม และแสดงผล

2.4 การศึกษาสมบัติเชิงกล

เป็นการหาสมบัติเชิงกลประกอบด้วย การทดสอบ Quasi-static Compression ด้วยหัวกดทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 mm ที่อัตราเร็วในการทดสอบ 20 มิลลิเมตร/นาที (ASAE Standard, 1998) เพื่อที่จะหา แรงกดทะลุเปลือก (Exocarp rupture force, HFr) แรงกดแตกกะลา (Endocarp rupture force, SFr) ความชันที่ 50 % ของแรงกดทะลุเปลือกของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของเปลือกมะพร้าวอ่อน (Exocarp force-deformation slope, HSL) ความชันที่ 50 % ของแรงกดกะลาแตกของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของกะลามะพร้าวอ่อน (Exocarp force-deformation slope, SSL)

2.4.1 การทดสอบหาสมบัติเชิงกลของเปลือกมะพร้าวอ่อน

วิธีการทดสอบ

1) เตรียมตัวอย่าง กำหนดจุดที่จะทำการกด 6 จุดต่อผล ด้านสันผล 3 จุด และด้านราบ 3 จุด โดยกดบริเวณแนวกึ่งกลางผล ตั้งฉากกับแกนผล (ภาพที่ 15 ก-ข)

2) วางตัวอย่างบนกระเบาะทรายขึ้น และกดด้วย หัวกด Plunger ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรจนถึงจุดแตก (Rupture) ที่อัตราเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที (ASAE Standard, 1998) โดยใช้เครื่อง UTM, INSTRON 5596 (ภาพที่ 15 ค)

3) คำนวณความชันที่ 50 % ของแรงกดทะลุเปลือกของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของเปลือกมะพร้าวอ่อน (ภาพที่ 16) จากสมการ

$$\text{ความชัน} = \frac{\text{ความแตกต่างตัวแปรในแนวแกนตั้ง} (\Delta Y)}{\text{ความแตกต่างตัวแปรในแนวแกนนอน} (\Delta X)} \quad (6)$$

4) ทำซ้ำจนครบ 300 ผล

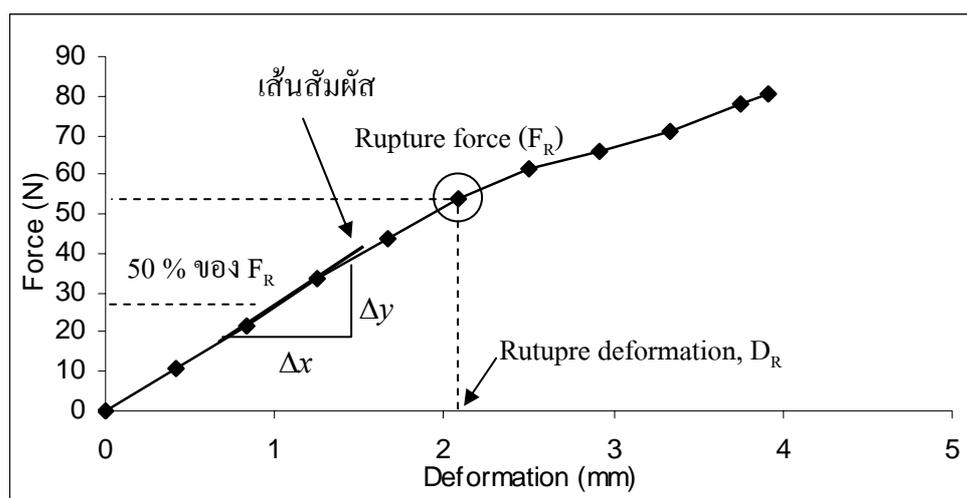


(ก) การกดด้านสั้น

(ข) การกดด้านราบ

(ค) UTM, Instron 5596

ภาพที่ 15 การทดสอบหาสมบัติเชิงกลของเปลือกมะพร้าวอ่อน



ภาพที่ 16 กราฟแรง - การเปลี่ยนรูปของเปลือกมะพร้าวอ่อน

2.4.2 การทดสอบหาสมบัติเชิงกลของกะลามะพร้าวอ่อน

วิธีการทดสอบ

- 1) ใช้ตัวอย่างของหัวข้อ 2.4.1 ปอกเปลือกออกให้เห็นกะลา กำหนดจุดที่จะทำการกด 3 จุดต่อผล กดบนกึ่งกลางผลตั้งฉากกับแกนผล (ภาพที่ 17 ก)

2) วางตัวอย่างบนกระเบาะทรายขึ้น และกดด้วย หัวกด Plunger ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ที่อัตราเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที (ASAE Standard, 1998) โดยใช้เครื่อง UTM, INSTRON 5596 (ภาพที่ 17 ข)

3) คำนวณความชันที่ 50 % ของแรงกดกะลาแตกของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของกะลามะพร้าวอ่อนจากสมการ (6) (ภาพที่ 18)

4) ทำซ้ำจนครบ 300 ผล

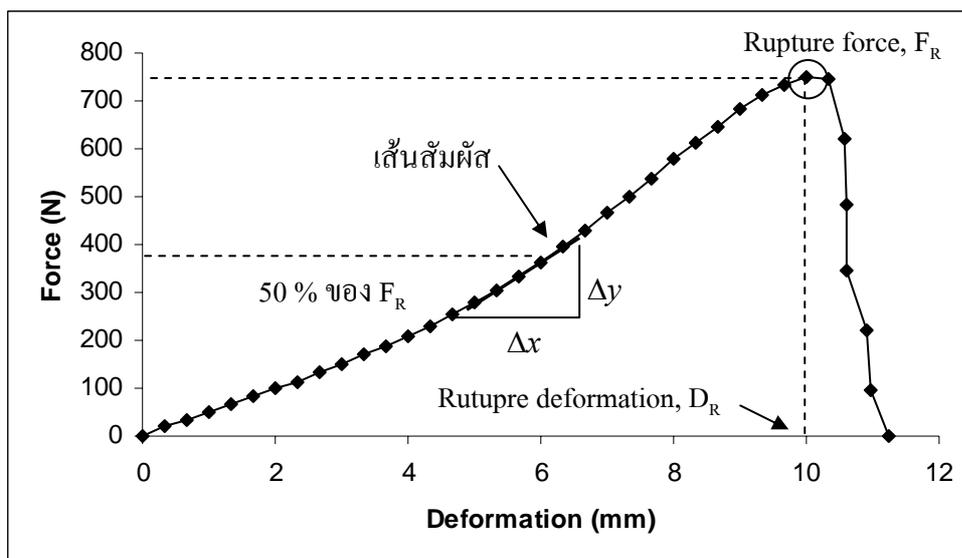


(ก) การเตรียมกะลา



(ข) การทดสอบแรงกดกะลาแตก

ภาพที่ 17 การหาสมบัติเชิงกลของกะลามะพร้าวอ่อน



ภาพที่ 18 กราฟแรง - การเปลี่ยนรูปของกะลามะพร้าวอ่อน

2.5 การศึกษาสมบัติทางสรีรวิทยา

เป็นการหาสมบัติทางสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนประกอบด้วย ความหวาน หาจาก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids, TSS) ปริมาณกรด หาจากการวัดปริมาณกรด ด้วยการไตเตรท (Titratable Acidity, TA) ของน้ำมะพร้าวอ่อน น้ำหนักเนื้อสด น้ำหนักเนื้อแห้ง และความหนาเนื้อ

2.5.1 การหาความหวาน

วิธีการทดสอบ

- 1) ใช้ตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนจากข้อ 2.2
- 2) หยคน้ำมะพร้าวอ่อนลงเครื่อง Digital Refractometer แล้วอ่านค่า บันทึกผล
- 3) ทำซ้ำ 3 ครั้ง

2.5.2 การหาปริมาณกรดของน้ำมะพร้าวอ่อน

วิธีการทดสอบ

- 1) ใช้ตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อน 10 มิลลิลิตรจากข้อ 2.2
- 2) หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด
- 3) ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N จนถึงจุดยุติของสารละลาย จะมีสีชมพูนาน 30 วินาที บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไป
- 4) คำนวณปริมาณกรด (กมลวรรณ, 2546) ด้วย

$$W = V \times N \times f \quad (7)$$

W = น้ำหนักของกรดที่มีอยู่ในตัวอย่าง (g)

V = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต (ml)

N = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (N)

f = ค่า factor ของกรดมาลิกซึ่งเท่ากับ 0.067

- 5) ทำซ้ำ 3 ครั้ง

2.5.3 การหาความหนาเนื้อ

วิธีการทดสอบ

- 1) ใช้ตัวอย่างข้อ 2.4.1 โดยการตัดส่วนบนของกะลาพร้อมเนื้อที่อยู่ทางข้างของผล ซึ่งจะมีตาอยู่ 3 ตา หน้าลิง (carpel) ละ 1 ตา โดยมีตาแข็ง 2 ตา และตานิ่มอันใหญ่ 1 ตา ตานิ่มนี้จะอยู่บนส่วนของกะลาอันใหญ่ที่สุด
- 2) ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดความหนาของเนื้อรอบตานิ่ม 3 จุดในรัศมี 1 เซนติเมตร ต่อชิ้นตัวอย่าง (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 การวัดความหนาเนื้อผลมะพร้าวอ่อน

2.5.4 การหาน้ำหนักเนื้อสด

วิธีการทดสอบ

ชูดเนื้อมะพร้าวอ่อนของตัวอย่างข้อ 2.4.1 ทั้งผล ชั่งน้ำหนัก บันทึกรผล ทำซ้ำ 3 ครั้ง

2.5.5 การหาน้ำหนักแห้งของเนื้อมะพร้าวอ่อน

วิธีการทดสอบ

- 1) อบถ้วยอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที นำออกมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก
- 2) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างของข้อ 2.4.3 ให้ได้ 10 กรัมต่อถ้วย
- 3) อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส
- 4) ชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนค่าที่ได้คงที่ 2 - 3 ค่า
- 5) คำนวณปริมาณเนื้อแห้ง (D_w) จากสมการ

$$D_w = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times \text{น้ำหนักเนื้อสด} \quad (8)$$

- 6) ทำซ้ำ 3 ครั้ง

2.6 การใช้เทคนิค Discriminant Analysis เพื่อจำแนกกระยะการเจริญเติบโตของมะพร้าวอ่อน

กัลยา (2549) กล่าวว่า การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นเทคนิคที่ทำการแบ่งกลุ่มข้อมูล หรือ case หรือหน่วยตัวอย่างออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ หลาย ๆ กลุ่ม ซึ่งใช้หลักเกณฑ์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุที่ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น โดยที่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม ส่วนตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระควรเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ โดยที่คนหรือหน่วยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความคล้ายคลึงกันในตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งเทคนิคนี้จะต้องทราบมาก่อนว่า แต่ละหน่วยอยู่กลุ่มใดและมีจำนวนกี่กลุ่ม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของเทคนิค Discriminant Analysis คือ การศึกษาว่ามีตัวแปรหรือปัจจัยใดบ้างที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คนหรือหน่วยตัวอย่างอยู่ต่างกลุ่มกัน แล้วนำตัวแปรเหล่านี้มาศึกษาหาความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปเชิงเส้น หลังจากนั้นนำสมการเชิงเส้นดังกล่าวมาพยากรณ์หรือประมาณว่าหน่วยหรือคนใหม่ควรอยู่กลุ่มใด

สำหรับสมการความถดถอยที่สร้างขึ้นใน Discriminant Analysis นั้น ตัวแปรตามจะต้องเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม ส่วนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรที่ทำให้กลุ่มแตกต่างกัน ในที่นี้จะเรียกว่า ตัวแปรจำแนกกลุ่ม (Discriminant Variable) หรือบางครั้งเรียกตัวแปรต้น ซึ่งเป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการแบ่งกลุ่ม case ส่วนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรจำแนกกลุ่มควรเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ กรณีที่ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (Categorical Variable) หรือตัวแปรเชิงคุณภาพจะต้องปรับให้อยู่ในรูปตัวแปรเทียม (Dummy Variable) ตัวแปรต้นที่ทำให้ case แตกต่างกัน อาจจะมีเพียง 1 ตัวหรือตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้นจะอยู่ในรูปเชิงเส้น ดังนี้

$$D = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + e$$

โดยที่ D = ตัวแปรตามและข้อมูลเชิงกลุ่ม

X_1, X_2, \dots, X_p = ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรจำแนกกลุ่ม; $p \geq 1$

e = ค่าความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อน ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และเนื้อสองชั้น หรืออ่อน กำลังดี แก่ โดยใช้คุณลักษณะทางกายภาพ สมบัติเสียง สมบัติเชิงกล และสมบัติทางสรีรวิทยา เป็นตัวแปรสร้าง

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรที่คาดว่าจะทำให้ความหนาเนื้อมะพร้าวมีความแตกต่างกัน และยังสามารถใช้สมการดังกล่าวจัดกลุ่มหรือพยากรณ์กลุ่มให้กับความหนาเนื้อมะพร้าวที่ยังไม่ทราบกลุ่ม

2.7 การใช้เทคนิค Partial Least Square Regression เพื่อจำแนกระยะการเจริญเติบโตของมะพร้าวอ่อน

Anonymous (n.d.) กล่าวว่า Partial least squares regression (PLSR) เป็นส่วนเสริมของ Multiple linier regression (MLR) ในรูปแบบอย่างง่ายของเชิงเส้น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ, Y กับชุดตัวแปรทำนาย, X ซึ่งอยู่ในรูป

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p$$

โดยที่ b_0 คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย และ b_i คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร 1-p คำนวณจากข้อมูล

ตัวอย่าง เช่น การทำนายน้ำหนักของบุคคลเป็นฟังก์ชันที่มีความสูงและเพศของบุคคล สามารถใช้การถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่า Respective Regression coefficient จากตัวอย่างของข้อมูล เช่น การวัดความสูง, ชั่งน้ำหนัก และเพศ สำหรับปัญหาของการวิเคราะห์ข้อมูลมาก ๆ, การประมาณความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่เพียงพอที่จะอธิบายข้อมูลที่สังเกตได้, และให้เหตุผลในการทำนายค่าใหม่ ๆ

Multiple linier regression ได้แตกออกเป็นวิธีการที่ซับซ้อนอีกหลายวิธีเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น Discriminant analysis ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรในการทำนายกลุ่มจากสมาชิกที่ต่อเนื่องกัน, Principle componants regression ใช้ทำนายการตอบสนองจากตัวแปรอิสระจากปัจจัยสำคัญของตัวแปรทำนาย และ Canonical correlation ใช้ทำนายปัจจัยสำคัญที่ตอบสนองของตัวแปรอิสระจากปัจจัยสำคัญของตัวแปรทำนาย วิธีวิเคราะห์หลายตัวแปรทั้งหมดมีคุณสมบัติสองส่วนที่เหมือนกันคือ (1) ปัจจัยสำคัญของตัวแปร Y และ X แยกมาจากเมตริกซ์ $Y'Y$ และ $X'X$ (2) จำนวนการทำนายไม่เกินค่าต่ำสุดของตัวแปร Y และ X

Partial least squares regression ที่แตกมาจาก Multiple linier regression ไม่กำหนดการใช้ งานอย่างจำกัดอย่าง Discriminant analysis, Principle componants regression และ Canonical correlation แต่ Partial least squares regression ทำหน้าที่ทำนายซึ่งแสดงให้เห็น โดยปัจจัยที่แยก ออกมาจากเมตริกซ์ $Y'XX'Y$ จำนวนดังกล่าวสามารถแยกได้มากกว่าจำนวนสูงสุดของตัวแปร Y และ X

Partial least squares regression มีข้อจำกัดน้อยในการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรและ ยึดหยุ่นตามสถานการณ์ที่ใช้ในการใช้การวิเคราะห์หลายตัวแปรดั้งเดิม คือ วิธีการจำกัดอย่าง เข้มงวด เช่นเมื่อมีค่าสังเกตน้อยกว่าตัวแปรทำนาย นอกจากนี้ Partial least squares regression สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อเลือกตัวแปรทำนายที่เหมาะสมและให้ทราบภาพรวม ก่อนใช้วิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นดั้งเดิม

Partial least squares regression ถูกนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น เคมี, เศรษฐศาสตร์, แพทย์ ศาสตร์, จิตวิทยา และเภสัชศาสตร์ ที่ทำนายแบบจำลองเชิงเส้น โดยเฉพาะที่มีจำนวนมาก ๆ

สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และ สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร จังหวัดชุมพร

ระยะเวลาในการทดสอบ

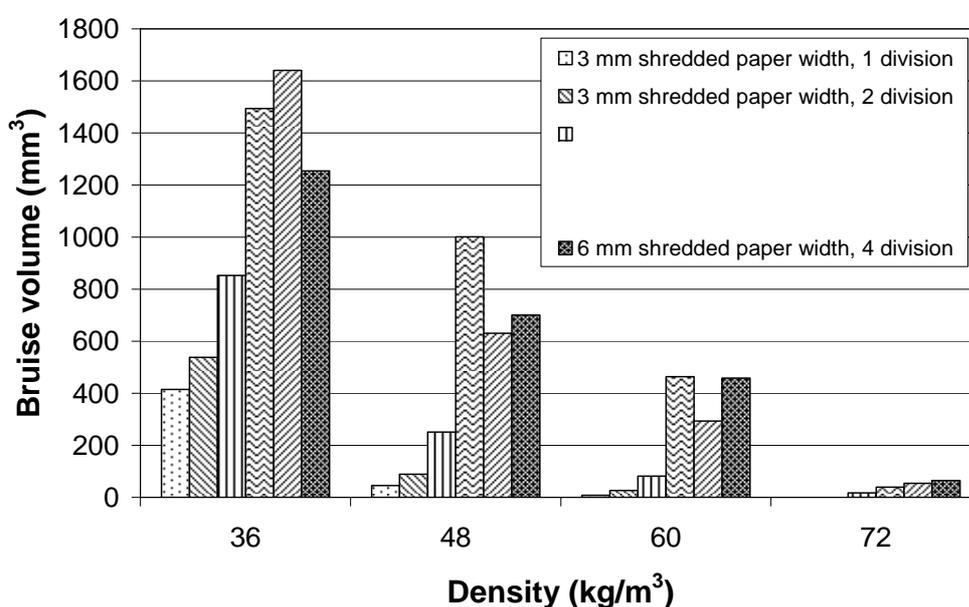
เริ่มทำการทดสอบตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 สิ้นสุดเดือนกรกฎาคม 2550

ผลและวิจารณ์

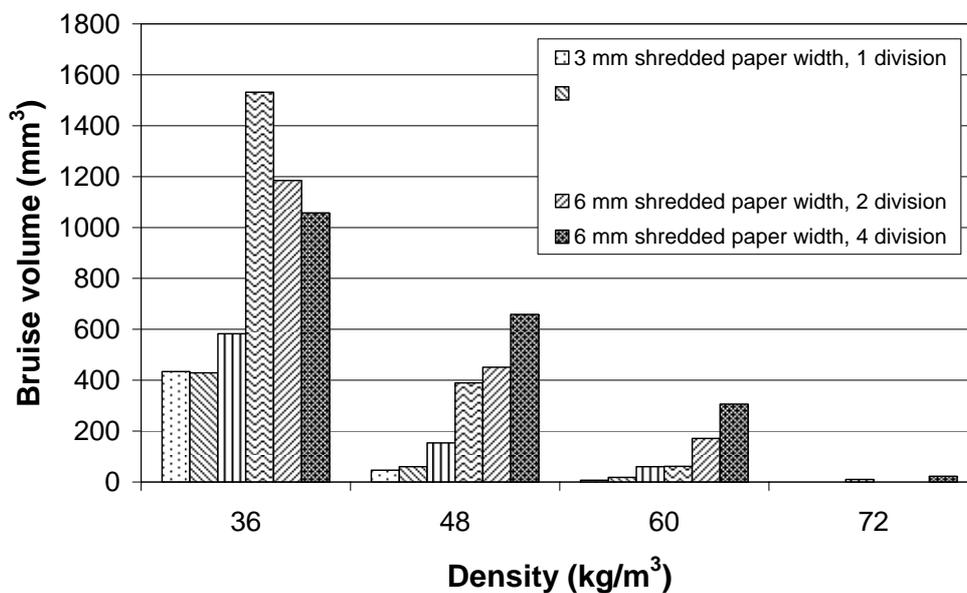
1. การพัฒนาวัสดุกันน้ำจากกระดาษฝอยเพื่อทดแทนโฟมตาข่ายในการบรรจุผลผลิตเกษตร

1.1 การทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการป้องกันการชำรุดของกระดาษฝอย

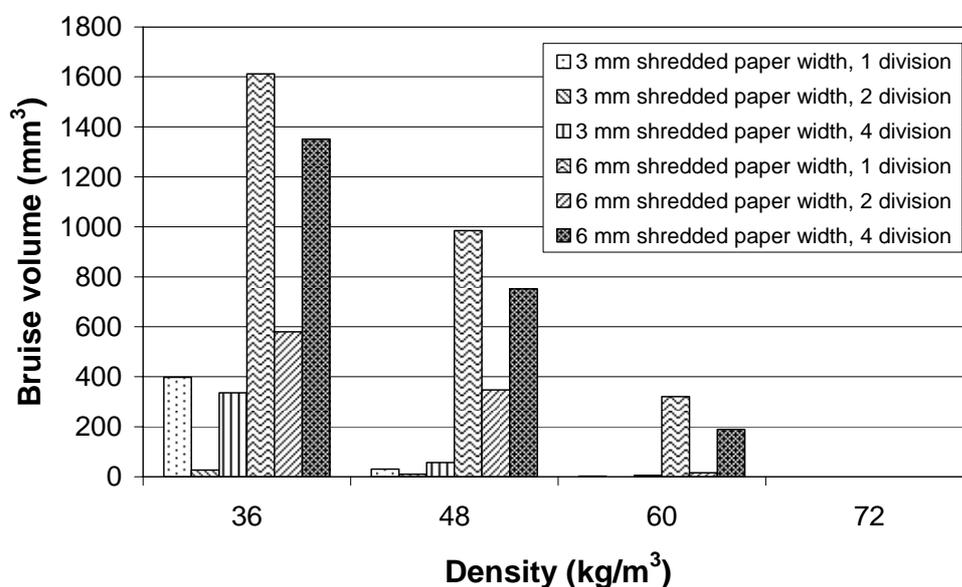
จากภาพที่ 20-23 จะเห็นว่าปริมาณน้ำของผลแอปเปิ้ลจะลดลงเมื่อความหนาแน่นของกระดาษฝอยเพิ่มขึ้นทั้งในถุงผ้าที่บรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) พบว่าปริมาณน้ำของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ความหนาแน่นของกระดาษฝอย 60 และ 72 kg/m³ ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความสำคัญ 5 % (ตารางที่ 1) ส่วนแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ความหนาแน่นของกระดาษฝอย 48, 60 และ 72 kg/m³ ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความสำคัญ 5 % (ตารางที่ 2)



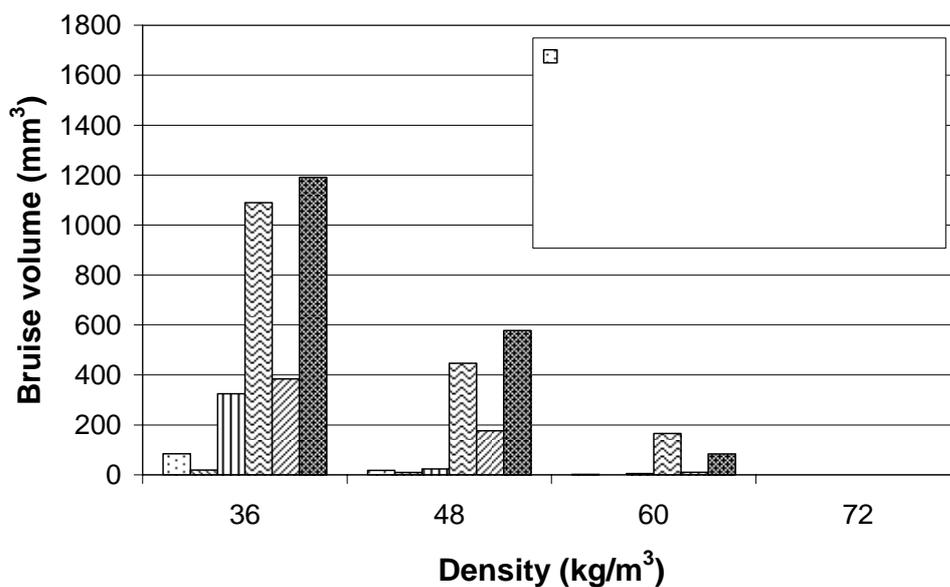
ภาพที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่นของถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์ฝอยกว้าง 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซ้ำของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่นของถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยกว้าง 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง



ภาพที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซ้ำของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่น ของถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์ฝอยกว้าง 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง



ภาพที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซ้ำของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg กับความหนาแน่น ของถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฟอยกว้าง 3 และ 6 mm ในถุงผ้าที่มีช่องแบ่ง 1, 2 และ 4 ช่อง

ตารางที่ 1 ปริมาตรซ้ำ (mm³) ของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฟอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ

Density (kg/m ³)	Paper width (mm)	
	3	6
36	542.04 ± 166.59 a	1,360.40 ± 227.78 a
48	159.36 ± 191.85 b	638.24 ± 216.00 b
60	53.36 ± 91.07 c	292.49 ± 158.18 c
72	11.07 ± 24.58 c	30.06 ± 27.32 d

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 2 ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ

Density (kg/m^3)	Paper Width (mm)	
	3	6
36	196.23 \pm 174.96 a	1034.55 \pm 467.12 a
48	53.62 \pm 75.08 b	526.64 \pm 324.43 b
60	9.39 \pm 17.10 b	175.95 \pm 200.01 c
72	1.09 \pm 2.67 b	7.23 \pm 9.70 c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

จากตารางที่ 3 และ 4 เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ที่ความหนาแน่น 60 kg/m^3 ปริมาตรซ้ำของผลแอปเปิ้ลที่ห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยที่มีช่องแบ่ง 2 ช่องแบ่งจะน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เป็นในทิศทางเดียวกันทั้งในถุงผ้าที่บรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm เนื่องจากถุงผ้าที่ไม่มีการแบ่งช่อง กระดาษฝอยภายในสามารถเคลื่อนตัวไปมาอยู่ในถุงผ้า ทำให้ความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่ของถุงผ้า เมื่อถูกกระทบด้วยค้อนน้ำหนักบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำจึงเกิดการซ้ำมากกว่า ส่วนถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยที่มีช่องแบ่ง 4 ช่อง บริเวณรอยเย็บเพื่อแบ่งช่องซึ่งยุบตัวลงไปเนื่องจากการเย็บทำให้ความหนาแน่นของถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยลดลง เมื่อนำมาห่อหุ้มผลแอปเปิ้ลรอยเย็บจะอยู่ตรงกับจุดที่ทำการกระทบด้วยค้อนน้ำหนักทำให้เกิดการซ้ำมากกว่า

ตารางที่ 3 ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 ที่จำนวนช่องแบ่งต่าง ๆ

Division	Paper Width (mm)	
	3	6
1	119.45±189.37 a	622.49±638.22 a
2	145.06±213.11 a	553.19± 581.38 a
4	251.21±306.94 a	565.21±441.97 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 4 ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อห่อหุ้มด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยกว้าง 3 mm และ 6 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 ที่จำนวนช่องแบ่งต่าง ๆ

Division	Paper Width (mm)	
	3	6
1	65.24 ± 137.45 ab	605.43 ± 577.65 a
2	4.60 ± 9.30 b	175.60 ± 227.27 b
4	125.41 ± 140.75 a	527.26 ± 533.10 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ความหนาแน่นของกระดาษฝอยในถุงผ้าร่วมกับความกว้างของกระดาษฝอย และจำนวนช่องแบ่งของถุงผ้ากับความกว้างของกระดาษฝอยพบว่าวัสดุกันซ้ำที่เหมาะสมสำหรับแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg คือถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วกว้าง 3 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 (ตารางที่ 3) ส่วนแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg คือถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วกว้าง 3 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 (ตารางที่ 4) โดยที่จำนวนช่องของถุงผ้าและชนิดของกระดาษฝอยไม่มีผลต่อปริมาตรซ้ำของแอปเปิ้ล (ตารางที่

5) แต่เพื่อความสะดวกในการใช้งานสำหรับแอปเปิ้ลทั้ง 2 ขนาด จึงเลือกใช้ถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอย กว้าง 3 mm ความหนาแน่น 60 kg/m^3 ไม่แบ่งช่อง

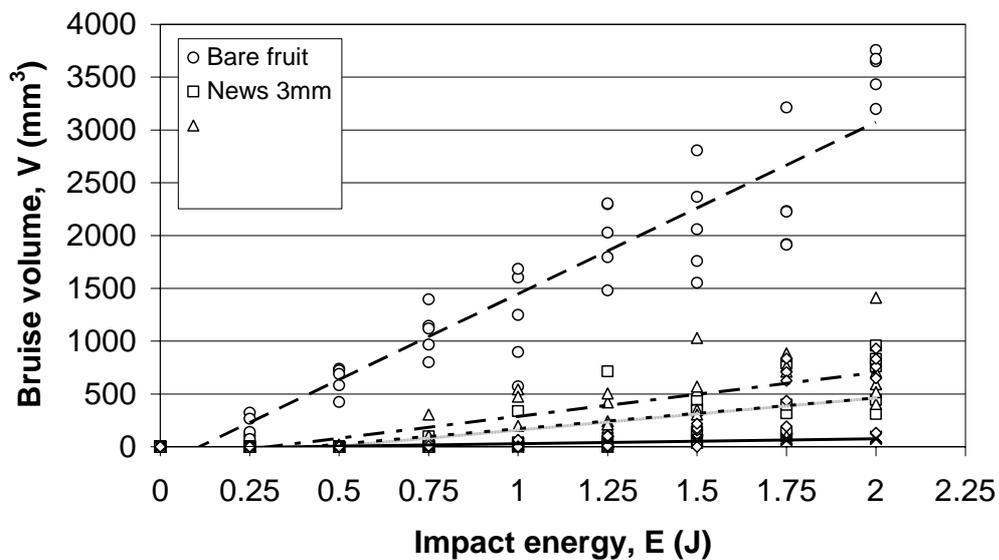
ตารางที่ 5 ปริมาตรซ้ำ (mm^3) ของผลแอปเปิ้ล 88 และ 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg เมื่อใช้กระดาษฝอยชนิดต่าง ๆ

Paper type	Bruise volume (mm^3)
Used office paper	0 a
Used newspaper	0 a

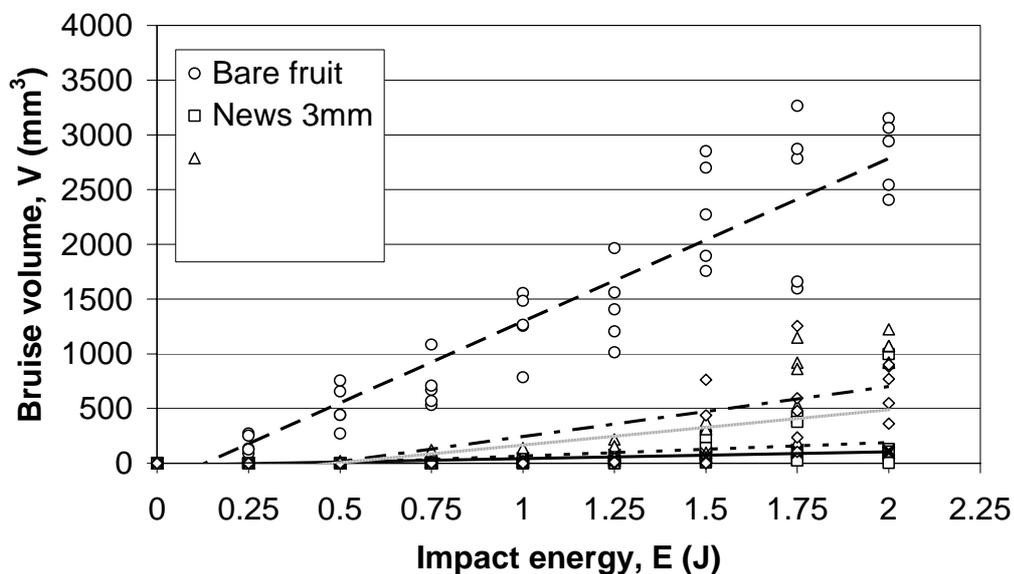
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

1.2 การทดสอบหาความสัมพันธ์ของพลังงานกระแทกกับปริมาตรซ้ำ

จากภาพที่ 24 และ 25 จะเห็นว่าผลแอปเปิ้ลเปลือกเขียวเริ่มซ้ำที่ระดับพลังงานกระแทกประมาณ 1.25 J ส่วนผลแอปเปิ้ลที่ห่อถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยกว้าง 3 mm มีความชื้นน้อยที่สุดซึ่งแสดงว่ามีความต้านทานการซ้ำมากและเริ่มซ้ำที่ระดับพลังงาน 0.3 J ในผลแอปเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg และเริ่มซ้ำที่ระดับพลังงาน 0.5 J ในผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg



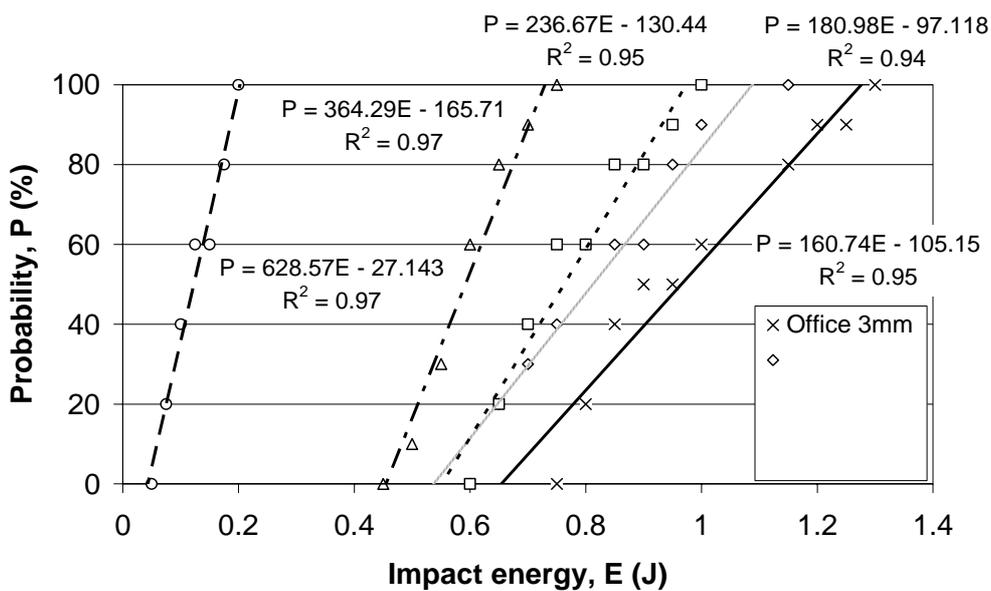
ภาพที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซ้ำกับพลังงานกระแทกของผลแอปเปิ้ล 88 ผล ต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษถ่ายเอกสารฟอยกว้าง 3 และ 6 mm



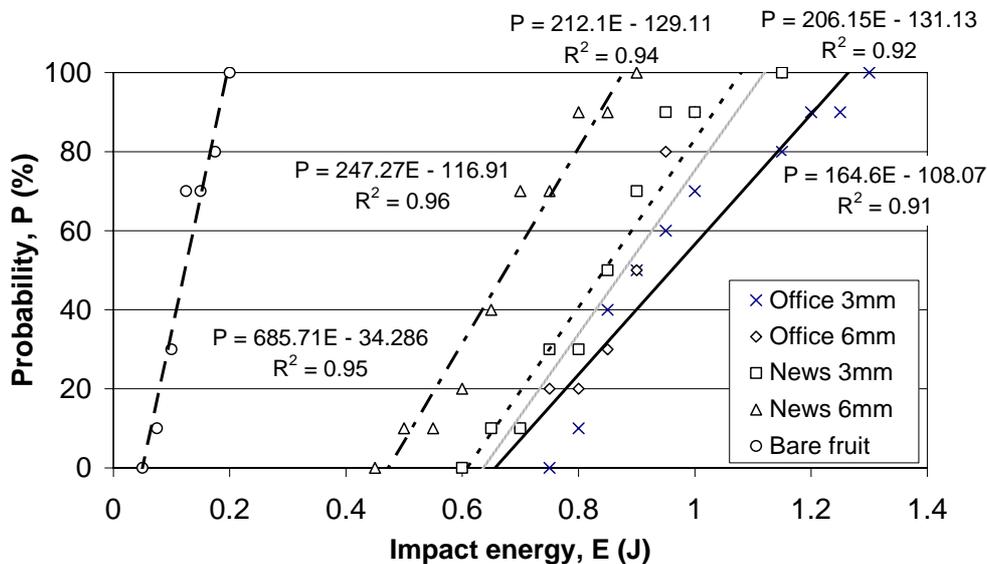
ภาพที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซ้ำกับพลังงานกระแทกของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษถ่ายเอกสารฟอยกว้าง 3 และ 6 mm

1.3 การทดสอบความสัมพันธ์ของความน่าจะเป็นของปริมาณซ้ำกับพลังงานกระแทก

จากภาพที่ 26 และ 27 จะเห็นว่าถุงผ้าที่บรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วกว้าง 3 มม. มีความชันน้อยที่สุดซึ่งแสดงว่ามีโอกาสซ้ำน้อยและมีพลังงานที่เริ่มซ้ำสูงที่สุดที่ 1.25 จูลใน แอ็บเปิ้ลทั้ง 2 ขนาด ซึ่งมากกว่าโพลิตาย่ประมาณ 150 เปอร์เซ็นต์ (สุภกิต และ บัณฑิต, 2549)



ภาพที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการซ้ำกับพลังงานกระแทกของของผลแอ็บเปิ้ล 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษถ่ายเอกสารฝอยกว้าง 3 และ 6 mm



ภาพที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการชำรุดกับพลังงานกระแทกของของผลแอปเปิ้ล 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg ที่ห่อด้วยถุงผ้าบรรจุกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษถ่ายเอกสารฝอยกว้าง 3 และ 6 mm

2. การศึกษาสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง ของผลมะพร้าวอ่อน เพื่อใช้ในการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อน

ตอนที่ 1

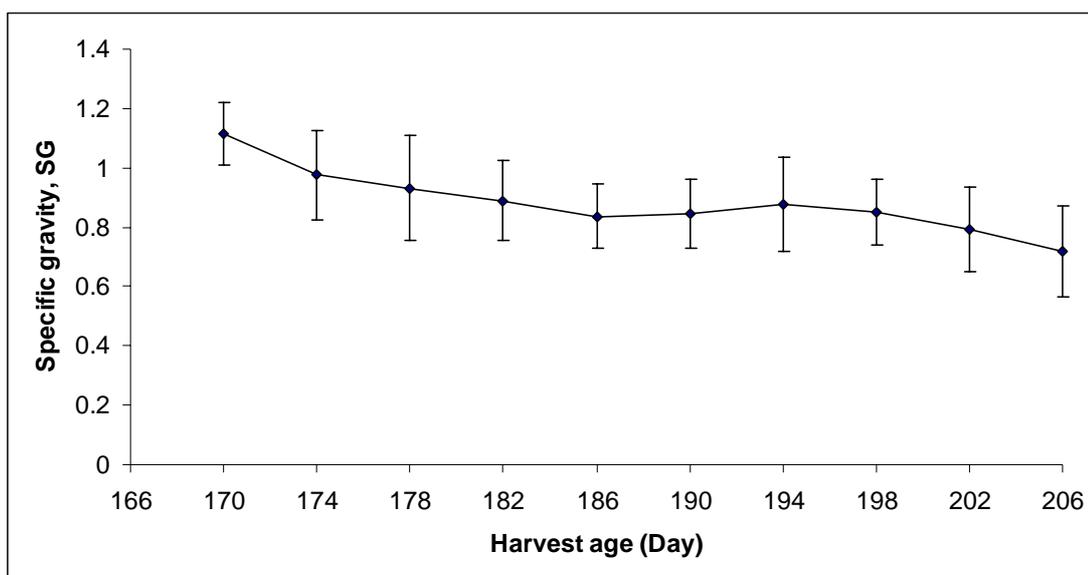
การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสียง กับระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อน

1. คุณลักษณะทางกายภาพ (เส้นผ่าศูนย์กลางผลมากที่สุด, D_{MAX} ; ความสูงผลมากที่สุด, H_{MAX} ; น้ำหนักผล, W และ ความถ่วงจำเพาะ, SG) ตารางผนวกที่ 3 แสดงคุณลักษณะกายภาพของตัวอย่างผลมะพร้าวอ่อนที่นำมาทดลองตลอดช่วงเวลาระหว่าง 170 - 206 วันหลังการผสมเกสร ซึ่งเกษตรกรได้คัดเลือกด้วยสายตาว่ามีขนาดสม่ำเสมอ ปรากฏว่า เส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุดมีค่าระหว่าง 13.24 - 14.30 cm ความสูงมากที่สุดมีค่าระหว่าง 16.46 - 17.53 cm และน้ำหนักผลมีค่าระหว่าง 1,219 - 1,480 g ตามลำดับ

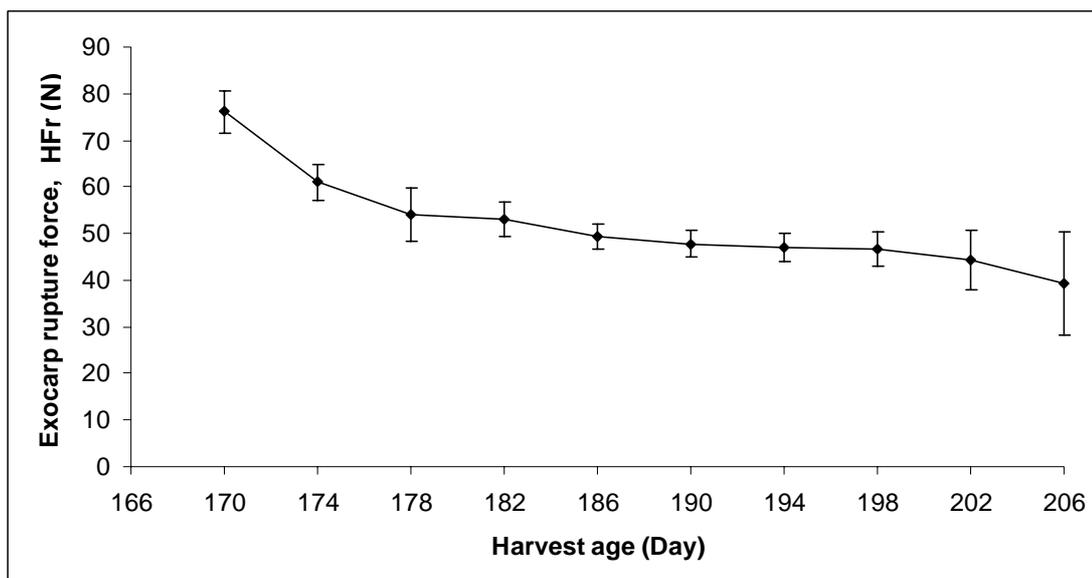
ความถ่วงจำเพาะของผลมะพร้าวอ่อนจะลดลงจาก 1.12 - 0.88 ในช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) แล้วลดลงถึง 0.84 จากนั้นจึงเพิ่มขึ้น 0.88 อีกครั้งในช่วงกำลังรับประทาน (182 - 194 วัน) แล้วลดลงจาก 0.88 ถึง 0.72 ในช่วงแก่ (194 - 206 วัน) (ภาพที่ 28) เนื่องจากกามมะพร้าวจะมีลักษณะเหมือนฟองน้ำ มีเส้นใยแทรกตัวอยู่ เมื่อมะพร้าวแก่ขึ้นช่องว่างเนื้อกามมะพร้าวจะเพิ่มขึ้น ทำให้มวลที่เป็นของแข็งลดลง น้ำหนักลดลง และเป็นสาเหตุให้ความถ่วงจำเพาะลดลง (บัณฑิต และคณะ, 2007)

2. สมบัติเชิงกล ภาพที่ 29 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงกดทะลุเปลือกมะพร้าวเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน ในช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) อยู่ระหว่าง 76 - 53 N ช่วงกำลังรับประทาน (182 - 194 วัน) อยู่ระหว่าง 53 - 47 N และช่วงแก่ (194 - 206 วัน) อยู่ระหว่าง 47 - 39 N น่าจะเป็นผลมาจากการที่ชั้นของเปลือกมะพร้าวอ่อนมีเส้นใยมากขึ้น ช่องว่างมากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสไม่เป็นเนื้อเดียวกันของเปลือกลดลง การต้านแรงกดจึงลดลงด้วย

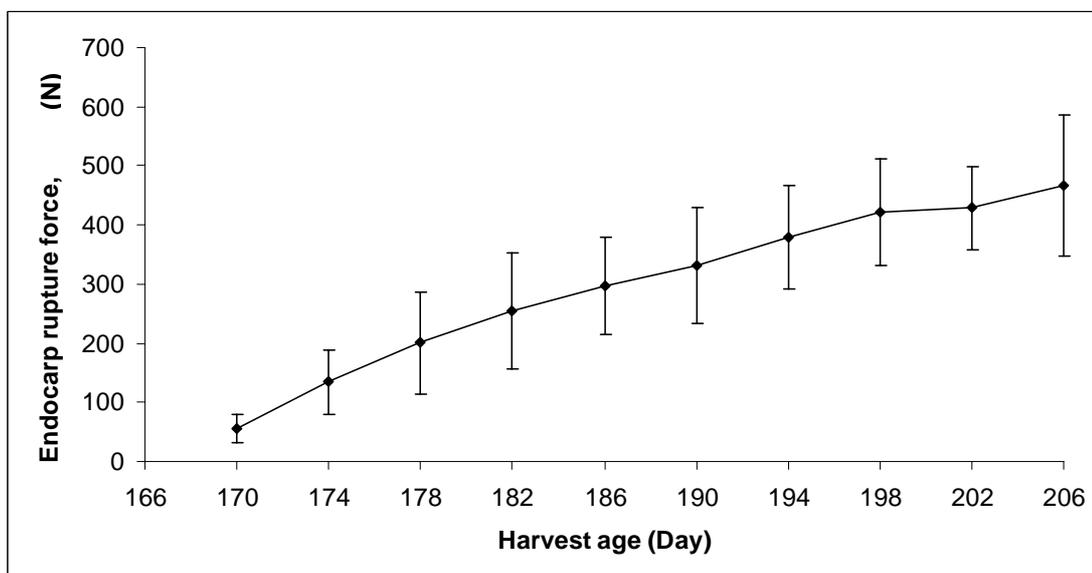
ภาพที่ 30 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงกดแตกกะลาเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน ในช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) อยู่ระหว่าง 55 - 255 N มะพร้าวอ่อนกำลังรับประทาน (182 - 198 วัน) อยู่ระหว่าง 255 - 379 N และช่วงแก่ (198 - 206 วัน) อยู่ระหว่าง 379 - 468 N น่าจะเป็นผลมาจากโครงสร้าง และส่วนประกอบของกะลาที่ประกอบด้วยชั้นของ fiber มีความหนาแน่นและแข็งแรงมากขึ้นทำให้มีแรงต้านการกดสูง



ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับอายุการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยของแรงกดทะลุเปลือกเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน



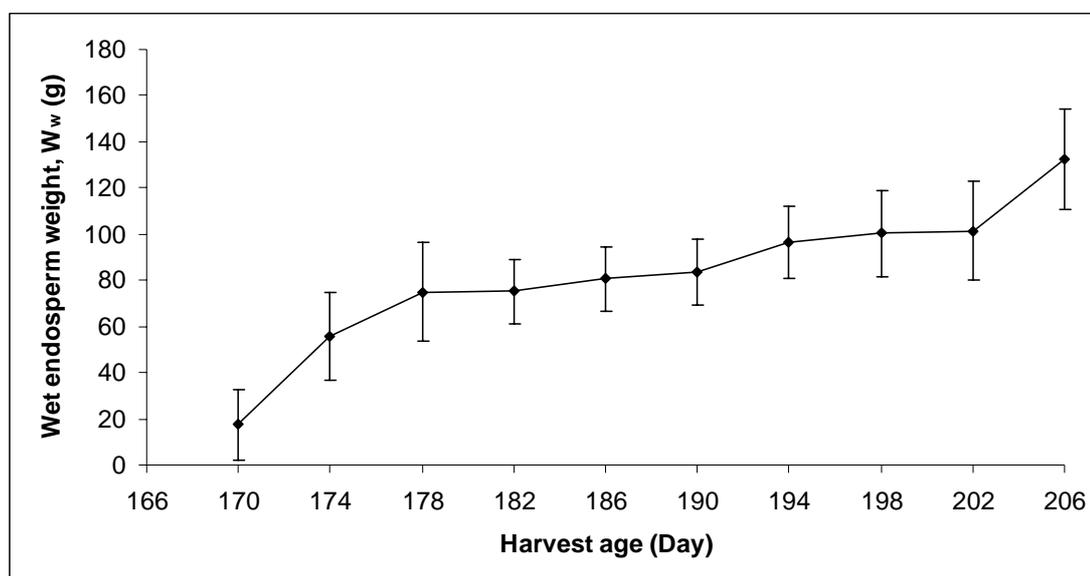
ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยของแรงกดแตกกะลาเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน

3. สมบัติทางสรีรวิทยา ประกอบด้วยน้ำหนักเนื้อสด (Wet Flesh weight, W_w), น้ำหนักเนื้อแห้ง (Dry weight, D_w), ความหนาเนื้อ (Flesh thickness, FT), ความหวาน (Total soluble solids, TSS) และปริมาณกรด (Titratable acidity, TA)

ในช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) น้ำหนักเนื้อมะพร้าวสด W_w เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก (170 - 178 วัน) จาก 17.51 - 74.99 g และช้าลงในช่วงท้าย (178 - 182 วัน) จาก 74.99 - 75.27 g ในช่วงกำลังรับประทาน (182 - 198 วัน) น้ำหนักเนื้อสดก็ยังคงเพิ่มขึ้นแต่เป็นไปอย่างช้า ๆ จาก 75.27-96.25 g ในช่วงแก่ (198 - 206 วัน) ช่วงแรก (198 - 202 วัน) น้ำหนักเนื้อผลสด เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จาก 96.25 - 101.29 g แต่ในช่วงท้าย (202 - 206 วัน) กลับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 101.29 - 132.51 g (ภาพที่ 31)

การกระจายน้ำหนักเนื้อแห้ง D_w กับอายุการเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับน้ำหนักเนื้อสดโดยเพิ่มเป็นเชิงเส้น คือ ช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) D_w เพิ่มขึ้นจาก 1.2 - 9.9 g ช่วงผลกำลังรับประทาน (182-194 วัน) D_w เพิ่มขึ้น จาก 9.9 - 18 g ช่วงผลแก่ (194 - 206 วัน) D_w เพิ่มขึ้นจาก 18-26.79 g (ภาพที่ 32)

ความหวาน (TSS) เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นอย่างช้า ๆ ตลอดช่วงอายุการเก็บเกี่ยว โดยช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) เพิ่มจาก 5.43 - 6.8 °Brix ระยะกำลังรับประทาน (182 - 194 วัน) เพิ่มจาก 6.8 - 7.48 °Brix และช่วงแก่ (194 - 206 วัน) เพิ่มจาก 7.48 - 8.37 °Brix (ภาพที่ 33)

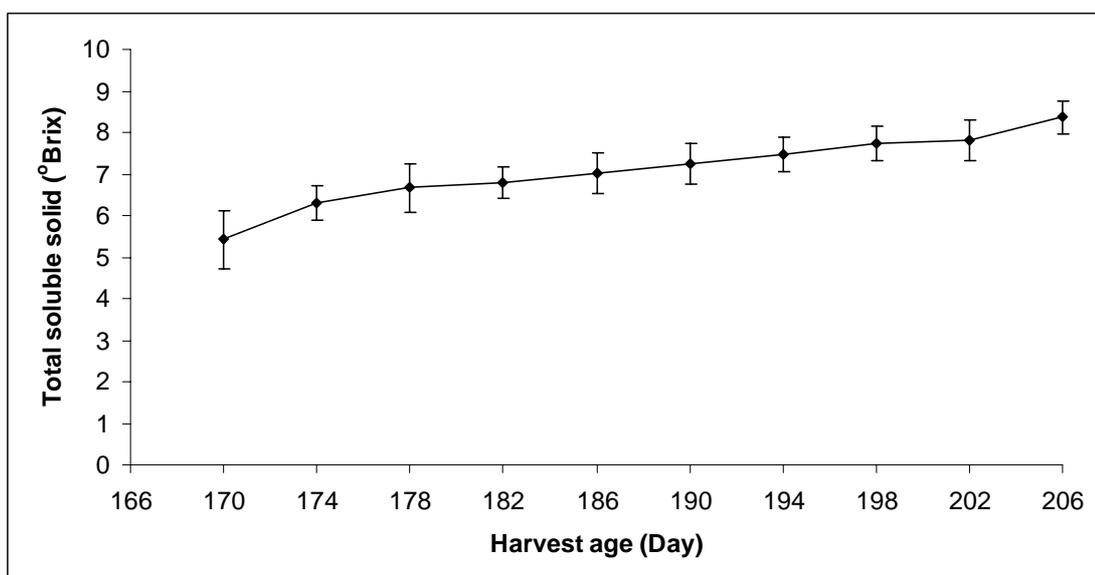


ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเนื้อสดของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว

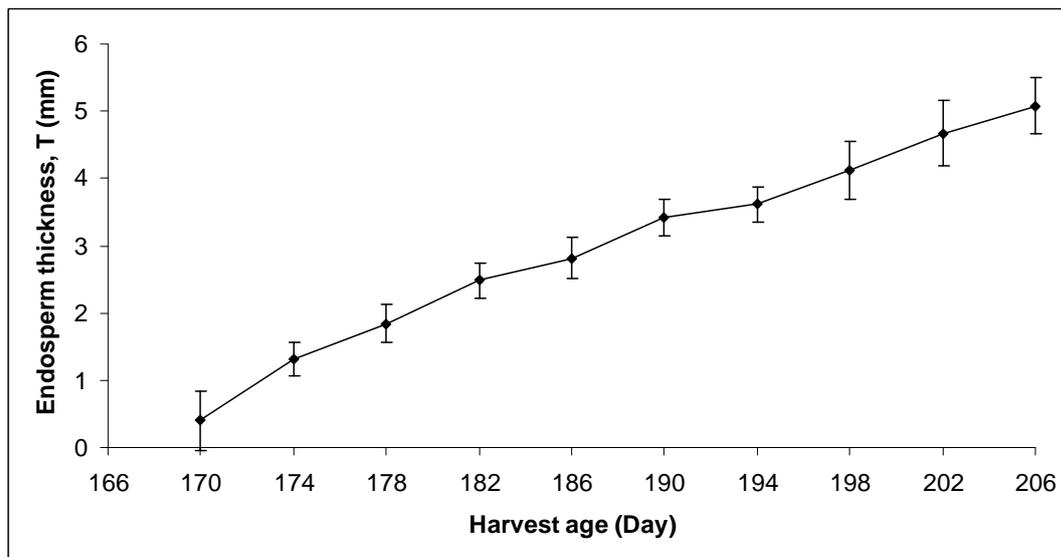


ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเนื้อแห้งของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว

ความหนาเนื้อ (FT) เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นกับอายุการเก็บเกี่ยว การเกิดเนื้อมะพร้าวจะเกิดบริเวณก้นผลก่อน แล้วจะหนาขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงหัวผล เนื้อจะมีลักษณะเป็นวุ้นบางๆ เมื่ออายุมากขึ้นเนื้อก็จะหนาขึ้นเรื่อยๆ (ภาพที่ 34)

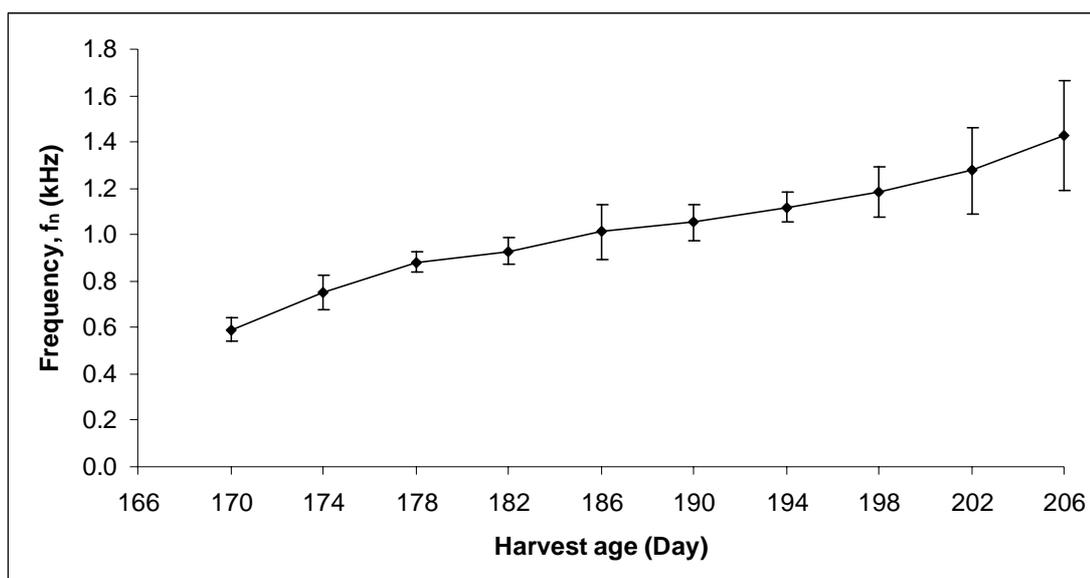


ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างความหวานของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเนื้อของผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว

4. สมบัติเสียง หรือ ความถี่สั่นพ้อง (Resonance Frequency, f_n) ภาพที่ 35 แสดงการกระจายความถี่สั่นพ้อง (Resonance Frequency f_n) (เป็น Pulse ที่มีค่าสูงสุดจากการเคาะครั้งหนึ่ง ๆ เมื่อเทียบกับเวลา) หรือความถี่ธรรมชาติกับอายุการเก็บ f_n มีการกระจาย ในช่วงอ่อน (170 - 182 วัน) อยู่ระหว่าง 0.590 - 0.928 kHz ช่วงกำลังรับประทาน (182 - 194 วัน) อยู่ระหว่าง 0.928 - 1.118 kHz และช่วงแก่ (194-206 วัน) อยู่ระหว่าง 1.118 - 1.427 kHz



ภาพที่ 35 การกระจายตัวของความถี่สั่นพ้องผลมะพร้าวอ่อนกับอายุการเก็บเกี่ยว

ตอนที่ 2

การจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง

1. สมบัติทางกายภาพ (เส้นผ่าศูนย์กลางผลมากที่สุด, D_{MAX} ; ความสูงผลมากที่สุด, H_{MAX} ; น้ำหนัก, W และ ความถ่วงจำเพาะ, SG) ผลมะพร้าวอ่อนที่นำมาวิเคราะห์การคัดแยกเป็นผลที่ขนาดสม่ำเสมอเหมือนกับตัวอย่างในการทดลองก่อนหน้านี้ คือ มีเส้นผ่าศูนย์กลางผลมากที่สุดอยู่ระหว่าง 13.33 - 14.93 cm ความสูงผลมากที่สุดอยู่ระหว่าง 16.79 - 17.61 cm น้ำหนักอยู่ระหว่าง 1,687 - 1,857 g และ ความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.90 - 0.94 (ตารางที่ 6)

2. สมบัติเชิงกล ตารางที่ 7 แสดงสมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อน ได้แก่ แรงกดทะลุเปลือก (HFr) และแรงกดแตกของกะลา (SFr) ความชันที่ 50 % ของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของเปลือกมะพร้าวอ่อน (HSL) ความชันที่ 50 % ของแรงกดทะลุเปลือกของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปของกะลามะพร้าวอ่อน (SSL) ระยะการเจริญเติบโตมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความสำคัญ 5 % ต่อ HFr, SFr, HSL และ SSL เมื่อผลมะพร้าวอ่อนเจริญเติบโตมากขึ้นค่าสมบัติเชิงกลดังกล่าวเพิ่มขึ้น HFr, น่าจะเป็นผลมาจากการที่ชั้นของเปลือกมะพร้าวอ่อนมีเส้นใยมากขึ้น ทำให้ความ

ลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันของเปลือกทดลอง การต้านแรงกดจึงลดลงด้วย ดังความสัมพันธ์ของ HFr กับอายุการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 29) SFr, น่าจะเป็นผลมาจากโครงสร้าง และส่วนประกอบของ กะลาที่ประกอบด้วยชั้นของ fiber ที่มีความอ่อนแก่ไม่เสมอกันทำให้ที่การเปลี่ยนรูปเดียวกันมีแรง ต้านการกดสูง ดังความสัมพันธ์ของ SFr กับอายุการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 30)

ตารางที่ 6 คุณลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าวอ่อน

มะพร้าวอ่อน	เส้นผ่าศูนย์กลางผล มากที่สุด (cm)	ความสูงผลมากที่สุด (cm)	น้ำหนัก (g)	ความถ่วง จำเพาะ
เนื้อชั้นเดียว	14.13 ± 0.80	17.37 ± 1.04	1,452 ± 232	1.05 ± 0.24 b
เนื้อชั้นครึ่ง	13.71 ± 0.71	17.05 ± 1.70	1,296 ± 182	0.83 ± 0.11 a
เนื้อสองชั้น	13.81 ± 0.88	17.19 ± 0.99	1,328 ± 228	0.81 ± 0.14 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 7 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อน

มะพร้าวอ่อน	แรงกดทะลุเปลือก (N)	ความชันที่ 50 % ของ แรงกดทะลุเปลือกของ กราฟแรง-การเปลี่ยน รูปของเปลือกมะพร้าว อ่อน	แรงกดกะลาแตก (N)	ความชันที่ 50 % ของ แรงกดกะลาแตกของ กราฟแรง-การเปลี่ยน รูปของกะลามะพร้าว อ่อน
เนื้อชั้นเดียว	61.27 ± 4.39 c	30.48 ± 3.64 c	143.15 ± 63.19 a	24.16 ± 11.24 a
เนื้อชั้นครึ่ง	49.91 ± 2.42 b	25.47 ± 0.90 b	321.69 ± 38.75 b	55.09 ± 7.04 b
เนื้อสองชั้น	41.81 ± 3.46 a	22.28 ± 1.47 a	503.37 ± 103.09 c	79.61 ± 13.36 c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

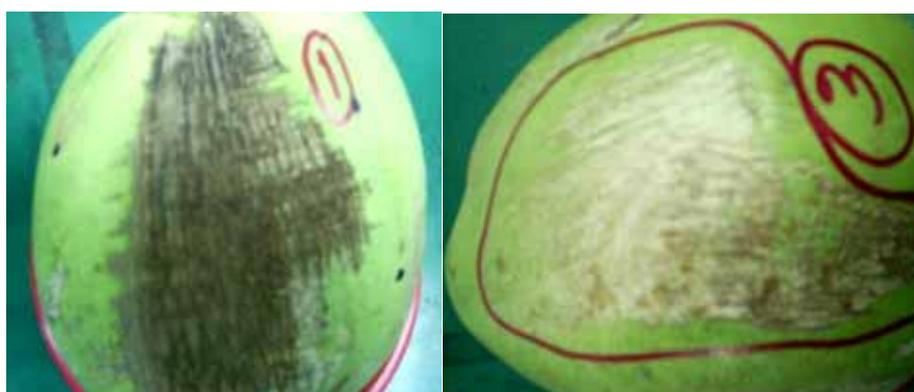
3. คุณสมบัติเสียง (f_n) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนและ DMRT พบว่า ระยะเวลา เจริญเติบโตและตำแหน่งการเคาะมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความสำคัญ 5 % ต่อ f_n ตารางที่

8 การเคาะที่ด้านสัน (Ridge) สามารถระบุความอ่อน-แก่ ของผลมะพร้าวอ่อนได้แตกต่าง การเคาะที่ด้านราบ (Face) ที่ไม่สามารถระบุความอ่อน-แก่ ออกได้ชัดทั้ง 3 ระยะ เหมือนการเคาะที่ด้านสัน น่าจะมีผลมาจากลักษณะผิวเปลือกของผลมะพร้าวอ่อนด้านผิวราบที่ขรุขระไม่เรียบ (ภาพที่ 36) ทำให้ f_n มีค่าใกล้เคียงกัน สันผลลักษณะผิวเปลือกจะไม่มี ความขรุขระเหมือนผิวราบ ทำให้ f_n มีความแตกต่าง

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ DMRT ความถี่สั่นพ้อง (kHz) ของผลมะพร้าวอ่อน

มะพร้าวอ่อน	ความถี่ (Hz)	
	ด้านสัน	ด้านราบ
เนื้อชั้นเดียว	795±127 a	827±184 a
เนื้อชั้นครึ่ง	1,018±45 b	947±360 b
เนื้อสองชั้น	1,193±120 c	977±498 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%



ภาพที่ 36 ลักษณะผิวที่ขรุขระของผลมะพร้าวอ่อน

4. สมบัติสรีรวิทยา ได้แก่ ความหวาน (TSS) ปริมาณกรด (TA) และ ความหนาเนื้อ (FT) (ตารางที่ 9 และ 10) มะพร้าวอ่อนในช่วงเนื้อชั้นเดียว ความหวานมีค่าต่ำ และ น้ำมะพร้าวจะเปรี้ยว

เนื้อจะมีลักษณะเป็นวุ้นบางๆ ยิงมะพร้าวอ่อนเจริญเติบโตมากขึ้น (แก่ขึ้น) ความหวานของน้ำมะพร้าวจะเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเนื้อมะพร้าวอ่อนก็หนาขึ้น

ตารางที่ 9 สมบัติสรีรวิทยา (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, TSS; ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้, TA; น้ำหนักเนื้อสด, F_w ; น้ำหนักเนื้อแห้ง D_w) ของผลมะพร้าวอ่อน

มะพร้าวอ่อน	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)	ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ (g)	น้ำหนักเนื้อสด (g)	น้ำหนักเนื้อแห้ง (g)
เนื้อชั้นเดียว	6.46 ± 0.89 a	0.10 ± 0.002 a	63.12 ± 29.71 a	7.61 ± 4.65 a
เนื้อชั้นครึ่ง	7.23 ± 0.71 b	0.11 ± 0.003 a	90.35 ± 15.51 b	13.22 ± 6.23 b
เนื้อสองชั้น	7.58 ± 0.62 c	0.11 ± 0.003 a	121.06 ± 28.32 c	20.81 ± 15.91 c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 10 สมบัติสรีรวิทยา (ความหนาเนื้อ, FT; ความหนากะลา, ST) ของผลมะพร้าวอ่อน

มะพร้าวอ่อน	ความหนาเนื้อ (mm)	ความหนากะลา (mm)
เนื้อชั้นเดียว	1.61 ± 0.77 a	3.01 ± 0.70 a
เนื้อชั้นครึ่ง	3.28 ± 0.40 b	4.30 ± 0.25 b
เนื้อสองชั้น	4.76 ± 0.64 c	5.31 ± 0.53 c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5%

การวิเคราะห์การตัดแยก โดยพิจารณาตัวแปรจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation matrix) ของตัวแปรในภาพรวม ในการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มได้นำเทคนิค Discriminant Analysis (กัลยา, 2546) มาใช้ผ่านโปรแกรม SPSS เป็นการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มคือ เนื้อชั้นเดียว เนื้อชั้นครึ่ง และ เนื้อสองชั้น โดยเลือกใช้ตัวแปรทั้ง 13 ตัวในการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวพบว่า SG,

SFr, TSS, TA และ TSS/TA ไม่ถูกใช้ในการวิเคราะห์ (ตารางที่ 11) และความถูกต้องในการทำนาย 92.3 % ทั้งแบบ Original และ Crossvalidated (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระ 13 ตัวกับตัวแปร Canonical

	Function	
	1	2
HFr	.764(*)	-.033
SSL	-.703(*)	.091
FT	-.694(*)	.157
SFr(a)	-.673(*)	.240
ST	-.603(*)	.075
FW	-.555(*)	.230
f_n	-.523(*)	.063
HSL	.489(*)	.024
DW	-.419(*)	.402
TA(a)	-.021(*)	-.005
TSS(a)	-.069	-.349(*)
SG(a)	-.195	.325(*)
TSS_TA(a)	-.036	-.085(*)

* ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์มากที่สุดระหว่างตัวแปรและ discriminant function

a ตัวแปรที่ไม่ใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 12 เปรอ์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์การแบ่งกลุ่มเมื่อใช้ตัวแปร 13 ตัว

		ความหนา เนื้อมะพร้าว	Predicted Group Membership			Total
			เนื้อชั้น เดียว	เนื้อชั้น ครึ่ง	เนื้อสอง ชั้น	
Original	Count	เนื้อชั้นเดียว	92	8	0	100
		เนื้อชั้นครึ่ง	0	100	0	100
		เนื้อสองชั้น	0	15	85	100
	%	เนื้อชั้นเดียว	92.0	8.0	.0	100.0
		เนื้อชั้นครึ่ง	.0	100.0	.0	100.0
		เนื้อสองชั้น	.0	15.0	85.0	100.0
Cross-validated ^(a)	Count	เนื้อชั้นเดียว	92	8	0	100
		เนื้อชั้นครึ่ง	0	100	0	100
		เนื้อสองชั้น	0	15	85	100
	%	เนื้อชั้นเดียว	92.0	8.0	.0	100.0
		เนื้อชั้นครึ่ง	.0	100.0	.0	100.0
		เนื้อสองชั้น	.0	15.0	85.0	100.0

a Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b 92.3% of original grouped cases correctly classified.

c 92.3% of cross-validated grouped cases correctly classified.

เมื่อเลือกใช้ตัวแปร 3 ตัว คือ t_1 , HFr และ ST ในการวิเคราะห์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปร Canonical โดยตัวแปร HFr (แรงกดทะลุเปลือก) มีความสัมพันธ์กับตัวแปร Canonical มากที่สุดคือ 0.798 (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระ 3 ตัวกับตัวแปร Canonical

	Function	
	1	2
HFr	.798(*)	-.578
ST	-.629	.777(*)
f_n	-.546	.660(*)

ตารางที่ 14 สัมประสิทธิ์ฟังก์ชันการคัดแยก

ความหนา เนื้อมะพร้าว		Mean	Std. Deviation	Valid N (listwise)	
				Weighted	Unweighted
เนื้อชั้นเดียว	HFr	61.2715	4.39215	100	100.000
	ST	3.0064	.69953	100	100.000
	f_n	.7950	.12710	100	100.000
เนื้อชั้นครึ่ง	HFr	49.9131	2.41887	100	100.000
	ST	4.2964	.25133	100	100.000
	f_n	1.0176	.04571	100	100.000
เนื้อสองชั้น	HFr	41.8118	3.45799	100	100.000
	ST	5.3130	.52928	100	100.000
	f_n	1.1921	.12057	100	100.000
Total	HFr	50.9988	8.72924	300	300.000
	ST	4.2053	1.08146	300	300.000
	f_n	1.0016	.19327	300	300.000

ตารางที่ 14 แสดงสัมประสิทธิ์ฟังก์ชันการคัดแยก (Classification function coefficients) และ function การแบ่งกลุ่มมี 3 ฟังก์ชัน ดังนี้

$$M1 = 104.75HFr + 475.84ST + 1177.82f_n - 4393.71 \quad (9)$$

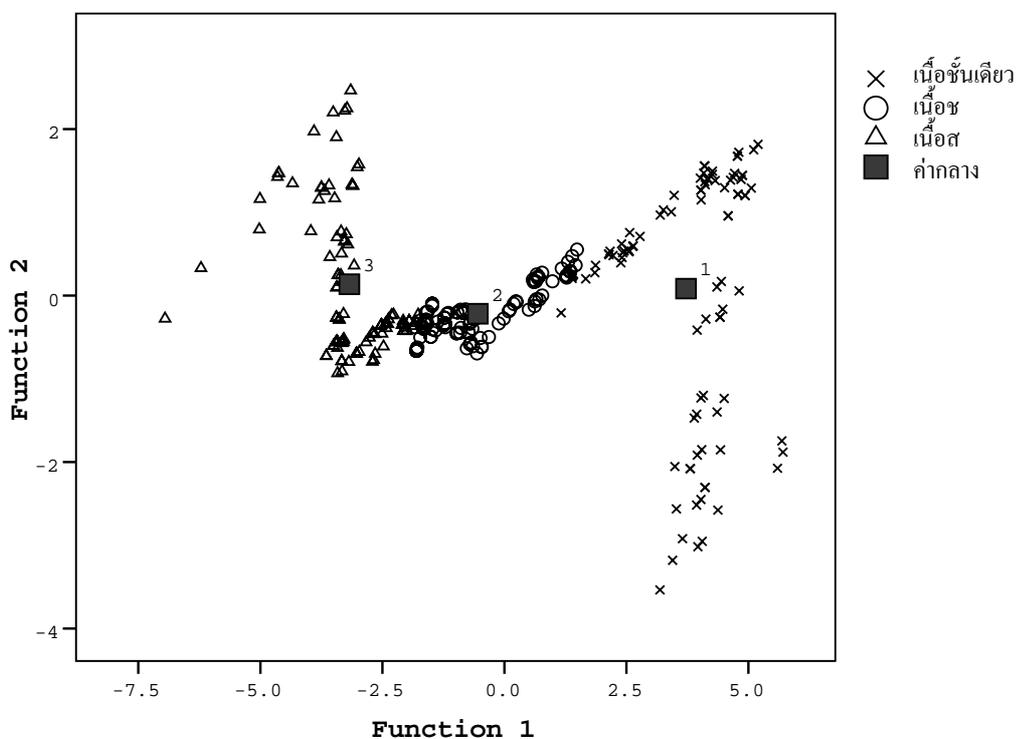
$$M2 = 100.82HFr + 462.34ST + 1137.51f_n - 4089.07 \quad (10)$$

$$M3 = 89.77HFr + 456.63ST + 1116.24f_n - 3944.37 \quad (11)$$

ตารางที่ 15 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในการจำแนกการแบ่งกลุ่มเมื่อใช้ตัวแปร 3 ตัว

	Flesh_Tick		
	M1	M2	M3
HFr	104.752	100.816	98.771
ST	475.842	462.338	456.627
f_n	1177.816	1137.511	1116.245
(Constant)	-4393.710	-4089.073	-3944.366

Canonical Discriminant Functions



ภาพที่ 37 ค่ากลางและการกระจายของตัวแปรในแต่ละกลุ่ม

ภาพที่ 37 แสดงค่ากลางของแต่ละกลุ่มโดยใช้ค่าของฟังก์ชันจากสมการที่ 9 - 11 พบว่าค่ากลางห่างกันมากแสดงว่าทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกัน คือ เลข 1 (ช่วงเนื้อชั้นเดียว) เลข 2 (ช่วงเนื้อชั้นครึ่ง) และ 3 (ช่วงเนื้อสองชั้น) แยกออกจากกันอย่างชัดเจน

ตารางที่ 16 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์โดยใช้ตัวแปร 3 ตัวในการพยากรณ์การแบ่งกลุ่มพบว่าวิธี Original จะพยากรณ์กลุ่มได้ถูกต้อง 96.7 % (จาก Footnote b) วิธี Cross-validated พยากรณ์กลุ่มได้ถูกต้อง 96.7 % (จาก Footnote c)

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการพยากรณ์การแบ่งกลุ่ม

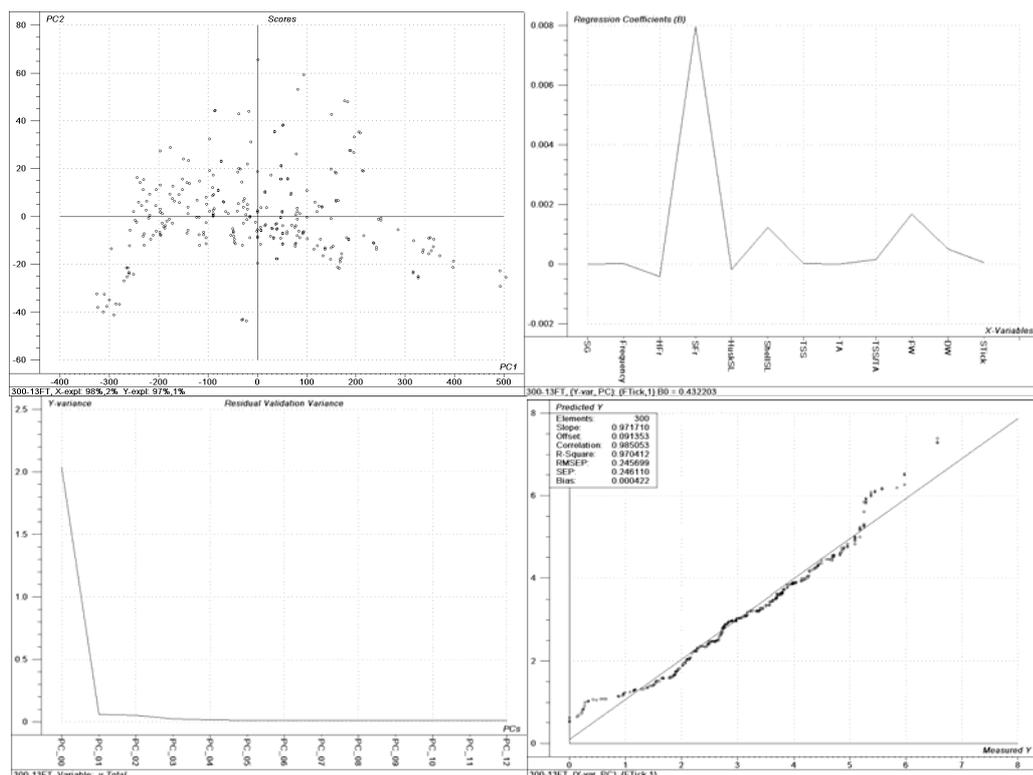
		ความหนาเนื้อ มะพร้าว	Predicted Group Membership			Total
			เนื้อชั้น เดียว	เนื้อชั้น ครึ่ง	เนื้อสอง ชั้น	
Original	Count	เนื้อชั้นเดียว	93	7	0	100
		เนื้อชั้นครึ่ง	0	100	0	100
		เนื้อสองชั้น	0	3	97	100
	%	เนื้อชั้นเดียว	93.0	7.0	.0	100.0
		เนื้อชั้นครึ่ง	.0	100.0	.0	100.0
		เนื้อสองชั้น	.0	3.0	97.0	100.0
Cross-validated ^(a)	Count	เนื้อชั้นเดียว	93	7	0	100
		เนื้อชั้นครึ่ง	0	100	0	100
		เนื้อสองชั้น	0	3	97	100
	%	เนื้อชั้นเดียว	93.0	7.0	.0	100.0
		เนื้อชั้นครึ่ง	.0	100.0	.0	100.0
		เนื้อสองชั้น	.0	3.0	97.0	100.0

a Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

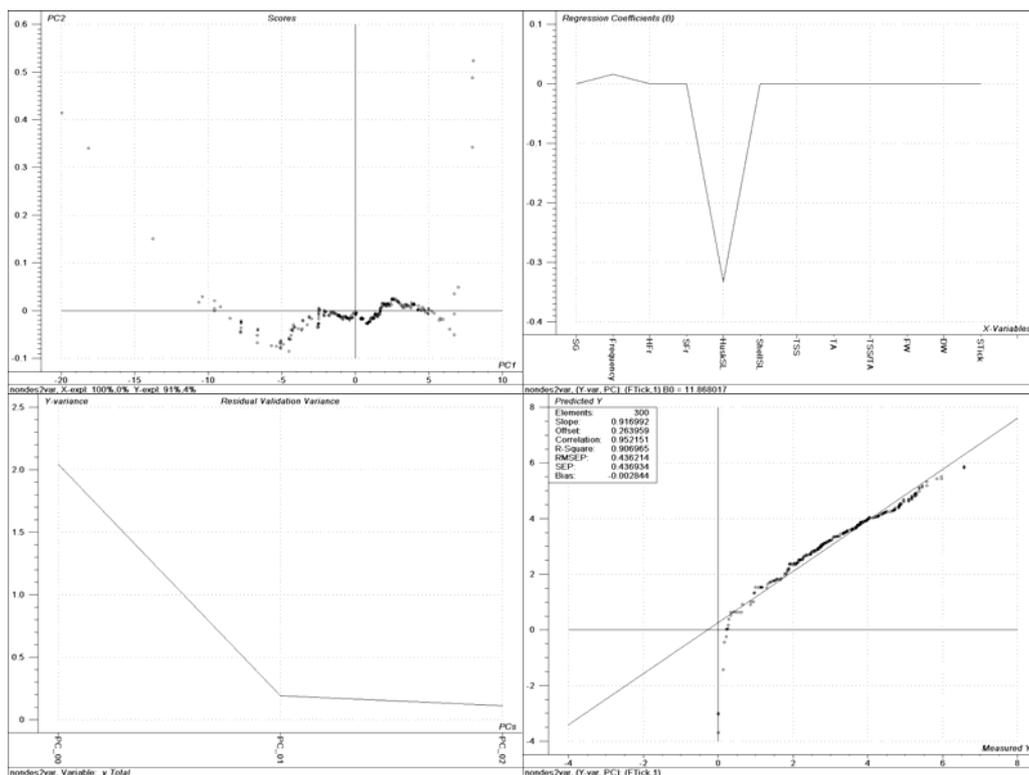
b 96.7% of original grouped cases correctly classified.

c 96.7% of cross-validated grouped cases correctly classified.

การใช้เทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) ในการสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อนโดยใช้ตัวแปรทั้ง 12 ตัว ทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อน ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (RMSEP) และค่าแตกต่าง (Bias) เท่ากับ 0.985, 0.246 และ 0.004 ตามลำดับ (ภาพที่ 38) แต่เมื่อดูจากค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระ 13 ตัวกับตัวแปร Canonical (ตารางที่ 11) พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงเป็นอันดับ 1 และ 2 คือ HFr และ SSL จึงนำไปเป็นตัวแปรในการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อน ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (RMSEP) และค่าแตกต่าง (Bias) เท่ากับ 0.994, 0.153 และ 0.001 ตามลำดับ และในกรณีของเทคนิคการทำนายแบบไม่ทำลาย (Non-destructive) ซึ่งใช้ตัวแปรที่วัดค่าได้โดยไม่ทำลายผลมะพร้าว คือ f_n และ HSL ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (RMSEP) และค่าแตกต่าง (Bias) เท่ากับ 0.952, 0.436 และ -0.0028 ตามลำดับ (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 38 การใช้เทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) ในการสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อนโดยใช้ตัวแปร 12 ตัว



ภาพที่ 39 การใช้เทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) ในการสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อนแบบไม่ทำลายโดยใช้ ตัวแปร 2 ตัว

ตารางที่ 17 ผลการทำนายความหนาเนื้อมะพร้าวอ่อนโดยใช้ PLSR

Model	Number of PLS variables	$R_{\text{predicted}}$	RMSEP	BIAS
1) 12 properties	1	0.985	0.246	0.0004
2) Minimum properties (HFr, SSL)	1	0.994	0.153	0.0001
3) Non-destructive properties (f_n , HSL)	1	0.952	0.436	-0.0028

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

กระดาษฟอยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกันน้ำที่ใช้ในการป้องกันความเสียหายของผลไม้ได้ดี โดยในการทดสอบที่พลังงานกระแส 2 จูล สามารถป้องกันผลแอ็บเปิ้ลจากกระแสได้ดี โดยมีรูปแบบที่เหมาะสมคือ ถุงผ้าดิบบรรจุกระดาษฟอยความกว้าง 3 มิลลิเมตรที่มีความหนาแน่น 60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทำนายความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนโดยการใช้สมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสียง สามารถระบุความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต (Maturity) เมื่อใช้วิธี Discriminant Analysis โดยใช้ตัวแปร 3 ตัวคือ ความถี่ แรงกดเปลือก (HFr) และ ความหนากะลา (ST) สามารถสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อของมะพร้าวอ่อนได้ถูกต้อง 96.7 % และเมื่อใช้วิธี Partial Least Square Regression โดยใช้ตัวแปร 2 ตัว คือ แรงกดเปลือก (HFr) และ ความชันของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปกะลา (SSL) ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (RMSEP) และค่าแตกต่าง (Bias) เท่ากับ 0.994, 0.153 และ 0.001 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

จากองค์ความรู้ที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้น่าจะนำไปพัฒนาวัสดุกันน้ำเพื่อป้องกันความเสียหายของผลไม้และเครื่องมือตรวจสอบความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลวรรณ แจ่มชัด. 2546. ปฏิบัติการวัดค่าคุณภาพทางเคมี. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2448. **ฐานข้อมูลด้านพืช**. แหล่งที่มา:

http://www.doa.go.th/pl_data/COCONUT/1STAT/st01.html, 3 ตุลาคม 2448

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. **โครงการลดการใช้พลาสติกและโฟม**. แหล่งที่มา:

http://www.pcd.go.th/info_serv/Projects/listProjectdetailThai.cfm?ID=327&Result=1,
3 ตุลาคม 2550

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2549. **การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows**. ภาควิชาสถิติ คณะ
พาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กลุ่มเกษตรสัญจร. 2531. **มะพร้าวน้ำหอม**. โรงพิมพ์สหมิตร, กรุงเทพฯ.

กลุ่มศึกษาเพื่อติดตามและประเมินผลการเจรจาจัดทำเขตการค้าเสรี. 2550. **ยุทธศาสตร์มะพร้าว**.
แหล่งที่มา: <http://www.ftamonitoring.org/FTA%20RelatedTopics/FTArelated05.asp>,
8 กันยายน 2550

จริงแท้ สิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 3.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฉวี สีบุบผา. 2548. **วัสดุที่ใช้ในการบรรจุผักและผลไม้สด**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา:

http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=85&i2=16&noshow=1,
5 กรกฎาคม 2548.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2536. **พืชหลักปักชำได้**. ปิรามิด. กรุงเทพฯ.

บัณฑิต จริโมภาส, สุทธิพร เนียมหอม, สิริชัย ใจ้วกาญจนนาค และ เจษรินทร์ ตรีสิงห์วงศ์.

2530. รายงานการวิจัยโครงการควบคุมคุณภาพของทุเรียนตัดอ่อนเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 58 น.

_____, วสันต์ แสงนิล และสุภลักษณ์ วรรณพงษ์. 2543. การศึกษาการใช้
ตาข่ายโพลีเอทิลีนห่อหุ้มผลไม้ที่ถูกกระทำด้วยภาระการกระทบ. วารสารวิชาการเกษตร
18 (2): 126 - 136.

_____. 2545. สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 160 น.

_____, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, กระจวี ตรีอำรรค, ยุทธนา งามเกียรติขจร. 2547. เครื่อง
ทดสอบหาสมบัติเชิงสะท้อนของผลไม้. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 53
(18): 36-43

_____ และ อุคมศักดิ์ กิจทวี. 2548. ระบบเครื่องมือวัดหาความถ่วงจำเพาะและปริมาตร
ผลไม้อัตโนมัติ. วิทยาสารกำแพงแสน 2(3): 137-143.

ปริญญา เชื้อชูชาติ และ ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2548. ศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของ
ผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดงเปลือกแดง. การประชุมทางวิชาการของ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. 2548. วัสดุกันกระทบ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย. แหล่งที่มา:

http://www.tistr.or.th/publication/page_area_show_bc.asp?i1=85&i2=8&noshow=1,
5 กรกฎาคม 2548.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก พ.ศ. 2547-
2548. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/export/QVExp.xls>, 10 ตุลาคม 2550.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2008. สมบัติเชิงกลของวัสดุ. แหล่งที่มา:

<http://www.mtec.or.th/labs/mech/tips2.html>, 17 กันยายน 2551.

Abbott, J.A., G.S. Bachman, N.F. Childers, J.V. Fitzgerald, and F.J. Matuski. 1968. Sonic techniques for measuring texture of fruits and vegetables. **Food Technology**. 22(5): 101-112

Anonymous. n.d. **Partial Least Squares (PLS)**. StatSoft, Inc. Available source:

<http://www.statsoft.com/textbook/stpls.html>, February 21, 2009.

ASAE Standards. 1994. **Moisture measurement-forages**. ASAE S 358.2 DEC 93. American Society of Agricultural Engineers. 2950 Niles Road, Michigan, USA. P 471.

_____. 1998. **Compression test of food materials of convex shape**. ASAE S368.3 Mar 95. p 554-559.

Barchi, G. L., A. Berardinelli, L. Rangni and C. Totaro Fila. 2002. Damage to loquarts by vibration-simulating Intra-state transport. **Biosystems Engineering**. 83(3): 305-312.

Bollen, A. F., H. X. Nguyen and B. T. Dela Rue. 1999. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples. **J. agric. Eng Res**. 74: 325-330.

Chen, P. and Z. Sun. 1984. Critical strain failure criterion. Pros and Cons. **Trans of the ASAE** 27(1): 278-281.

_____, S. Tang and S. Chen. 1985. Instrument for testing the response of fruits to impact. **ASAE Paper No. 85-3537**. St. Joseph, MI, USA.

_____, M. Ruiz-Altisent, and P. Barreiro. 1996. Effects of impacting mass on firmness sensing of fruits. **Trans of the ASAE**. 39 (3): 1019-1023.

- _____, M. Ruiz-Altisent, F. Lu and A. A. Kader. 1987. Impact and compression damage on Asian pears. **Trans. of the ASAE**. 32(3): 953-957.
- Ceponis, M. J. and J. E. Butterfield. 1974. Retail and consumer losses of western pears in metropolitan New York. **Hort Science**. 9(5): 447-448.
- _____. 1981. Cull losses in western sweet cherries at retail and consumer levels in metropolitan New York. **Hort Science**. 16(3): 324-326.
- Ceponis, M. J. and R. A. Chappellini. 1985. Wholesale, retail and consumer level losses of nectarines in metropolitan New York. **Hort Science**. 20(1): 90-91
- Diehl, K. C., D. D. Harmann and J. K. Whitfield. 1979. Structural failure in selected raw fruits and vegetables. **J. Texture Studies**. 10:371-400.
- Diehl, K. C. and G. P. Ordonez. 1982. Normal strain failure due to contact stresses. **ASAE Paper No. 82-3558**. ASAE, St. Joseph, MI. 18 p.
- Fridley, R. B., H. Goehlich, L. L. Claypool and P. A. Adrian. 1964. Factors affecting impact injury to mechanically harvested fruit. **Trans. of the ASAE**. 7(4): 409-411.
- Gatchalian, M.M.; de Leon, S.Y.; Yano, T. 1994. Measurement of young coconut (*Cocos nucifera* L.) maturity by sounds waves. **Journal of food engineering**. 23(3): 253-276.
- Gil, J., M. Ruiz Altisent, and P. Chen. 1984. Numerically calculated viscoelastic constants related to bruising resistance. **ASAE Paper No. 84-6502**. St. Joseph, MI, USA.

Gil, J. 1990. Computer aided determination of mechanical parameters of subjected to elastic impact and to stress relaxation. **Proceedind of the European Workshop on Impact Damage of Fruit and Vegetables (EWIDF)**, Zaragoza, Spain, 27-29 March. FIMA, 90, 45-8.

Holt, J. E. and D. Shoorl. 1977. Bruising and energy dissipation in apples. **J. Text. Studies**. 15: 377-394.

_____. 1983. Fracture in potatoes and apples. **Journal of Materials and Science**. 18: 2017-2028.

Horsfield, B. C., R. B. Fridley and L. L. Claypool. 1972. Application of the theory of elasticity to the design of fruit harvesting and handling for minimum bruising. **Trans. of the ASAE**. 15(4): 746-750, 753.

Jarimopas, B. 1984. Failure of apples under dynamic loadings. **Unpublished D. Sc. Dissertation**. Faculty of Agricultural Engineering, Technion, Israel Institute of Technology, Technion City Haifa, Israel, 157 p.

_____, S.P. Singh, S. Sayasoonthorn and J. Singh. 2006. Comparison of package cushioning materials to protect post-harvest impact damage to apples. **Packag. Technol. Sci**. 20(5): 315-324.

_____, S. Toomsaengthong, S. P. Singh, J. singh and R. Sothornvit. 2007. Development of Wholesale Packaging to Prevent Post-Harvest Damage to Rose Apples. *Journal of Applied Packaging Research*. 2(1): 27-44.

_____ and Rattanadat, N. 2007. Development of a young coconut fruit trimming machine. **Journal of Food Engineering**. 79: 752-757.

_____ and Kitthawee, U. 2007. Firmness properties of mangoes. **Inernational Journal of Food Properies**. 10: 899-909.

_____, D. Rachanukroa, S. P. Singh and R. Sothornvit. 2008. Post-harvest damage and performance comparison of sweet tamarind packaging. **Journal of Food Engineering**. 88(2): 193-201.

Kouno, Y., T. Mizun, H. Macda. 1993. The development of a device to measure the ripeness and internal quality of watermelons, pp 19-22. **Proceedings of The International Conference for Agricultural Machinery & Process Engineering**, October. Seoul, Korea

Kawano, S. 1994. Quality inspection of agricultural products by nondestructive techniques in Japan. **Faeming Japan**. 28 (1): 14-19

Mohsenin, N.N. 1996. **Physical Properties of Plant and Animal Material**. Gordon and Breach Publishers Inc. Thailand

Nahir, D., Z. Schmilovich and B. Ronen. 1986. Tomato grading by impact force response. **ASAE Paper No. 86-3028**. St. Joseph, MI, USA.

Nylund, R. E., Hempkill and J. M. Lutz. 1955. Mechanical damage to potato es during harvesting and handling in theRed river operation in Red river valley of Minnesota and North Dakota. Am. **Potato Journal** 32(7): 237-247.

Pang, D. W., C. J. Studman and N. H. Banks. 1994. Apple bruising thresholds for an instrumented sphere. **Trans of the ASAE** 37(3): 113-124.

Peleg, K. 1985. **Produce handling, packaging and distribution**. AVI Pub. Co. Inc. Connecticut 625 p.

- Pechsmai, A. 2002. **Design and development of a young coconut peeling machine**, M. Eng. Thesis. Kasetsart University.
- Ruiz-Altisent, M. 1991. **Damage mechanisms in the handling of fruits**. Inprogress in Agricultural Physics and Engineering, ed. J. Mathews, Silsoe, UK.
- Rumsey, T. R. and R. B. Fridley. 1977. Analysis of viscoelastic contact stresses in agricultural products using a finite-element method. Trans. of the ASAE. 21(3): 594-600
- Schoorl, D. and J. E. Holt. 1980. Bruise resistance measurement in apples. **J. of Texture Studies**. 11: 389-394.
- Timm, E. J, N. L. Schutte Pason, G. K. Brown and C. L. Burton. 1989. Apple impact surface effects on bruise size. **ASAE paper 89-6048**, ASAE, St. Joseph, MI, USA.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาตรซ้ำเฉลี่ย (mm³) ของผลเอ็บบีต 88 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg

Density (kg/m ³)	Office paper						Newspaper					
	3 mm width			6 mm width			3 mm width			6 mm width		
	1d	2d	4d	1d	2d	4d	1d	2d	4d	1d	2d	4d
36	434.56	429.03	582.93	1531.7	1184.81	1057.69	414.79	538.19	852.77	1493.79	1640.53	1253.87
	±195.1	±290.6	±437.18	±593.66	±207.3	±433.22	±169.8	±239.24	±446.66	±383.2	±179.36	±380.74
48	46.21	40.08	206.6	388.93	450.66	658.01	45.23	40.08	529.19	1001.04	630.49	700.3
	±38.63	±34.93	±187.99	±70.5	±399.69	±232.68	±40.44	±34.93	±248.73	±455.81	±406.16	±362.49
60	0	0	99.67	61.62	171.30	306.18	0	0	220.49	463.74	293.49	458.63
			±79.57	±18.36	±143.18	±248.99			±165.3	±177.6	±264.84	±126.81
72	0	0	5.34	0	0	22.32	0	0	61.06	39.11	54.22	64.7
			±7.11			±23.2			±55.67	±37.5	±45.26	±53.77

d = จำนวนช่องแบ่ง

หมายเหตุ ตัวเลขหลัง ± คือ ค่า SD (Standard Deviation)

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาตรซ้ำเฉลี่ย (mm³) ของผลเอ็บบเปิด 100 ผลต่อกล่อง กล่องละ 20 kg

Density (kg/m ³)	Office paper						Newspaper					
	3 mm width			6 mm width			3 mm width			6 mm width		
	1d	2d	4d	1d	1d	2d	4d	1d	1d	2d	4d	1d
36	84.61	8.34	324.83	1089.23	383.99	1190.94	397.79	26.46	335.28	1612.34	580.11	1350.72
	±62.74	±12.98	±297.29	±560.54	±351.66	±590.35	±225.83	±27.23	±219.29	±170.8	±126.74	±928.83
48	12.01	1.9	88.91	446.68	52.26	577.58	27.52	0	191.37	984.6	347.52	751.21
	±14.85	±4.65	±55.45	±378.2	±51.99	±351.08	±28.35		±167.34	±499.3	±318.64	±505.3
60	0	0	13.98	165.57	10.11	84.04	0	0	42.38	534.36	5.48	256.16
			±16.5	±135.16	±14.25	±70.84			±48.66	±97.52	±6.32	±244.52
72	0	0	0	0	0	2.79	0	0	6.54	10.62	0	4.64
						±6.24			±14.61	±15.34		±10.38

d = จำนวนช่องแบ่ง

หมายเหตุ ตัวเลขหลัง ± คือ ค่า SD (Standard Deviation)

ตารางผนวกที่ 3 คุณลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าวอ่อนกับระยะเวลาเจริญเติบโต

Day after pollinated (days)	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (g)
170	14.30 ± 0.47	17.17 ± 1.35	1384 ± 294
174	13.85 ± 0.98	17.00 ± 1.07	1435 ± 245
178	14.20 ± 0.84	17.44 ± 0.72	1480 ± 197
182	13.97 ± 0.79	17.53 ± 1.27	1450 ± 253
186	13.71 ± 0.78	16.94 ± 1.13	1318 ± 178
190	13.24 ± 0.58	16.46 ± 1.09	1219 ± 159
194	13.60 ± 0.65	16.89 ± 1.26	1254 ± 195
198	13.43 ± 0.97	17.42 ± 2.33	1239 ± 228
202	13.58 ± 0.77	17.15 ± 1.12	1257 ± 210
206	14.03 ± 0.78	17.22 ± 1.00	1370 ± 202

หมายเหตุ ตัวเลขหลัง ± คือ ค่า SD (Standard Deviation)

ตารางผนวกที่ 4 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 170 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	13.6	14.3	1147	996	1.07	1.88	2.13
2	14.3	16.7	1457	1057	1.21	1.84	2.19
3	14.4	15.4	1419	1076	0.96	1.70	1.02
4	13.6	15.3	1273	1106	0.92	1.36	1.41
5	14.6	18.5	1738	1108	1.21	1.34	0.00
6	14.6	18.4	1701	1116	1.12	1.29	0.00
7	14.6	18.7	1760	1122	1.30	1.45	1.23
8	14.5	18.5	1614	1125	1.17	1.24	0.00
9	13.9	19	1676	1132	1.12	1.23	0.00
10	14	15.5	1303	1137	1.00	1.23	1.24
11	14.5	17.8	1043	1140	1.05	1.33	1.14
12	14.5	17.6	1053	1157	1.22	1.28	1.09
13	14.6	17.1	1094	1159	1.20	1.32	1.23
14	14.8	17.1	1063	1165	1.13	1.22	1.27
15	14.4	17.6	1015	1168	0.99	1.21	1.24
16	14.3	17.3	1063	1170	1.04	1.81	1.22
17	14.7	18.5	1865	1172	1.18	1.20	1.18
18	13.9	17.4	1496	1180	1.26	1.20	1.12
19	13.1	15.3	1170	1182	1.09	1.19	1.17
20	15	17.4	1728	1184	1.08	1.59	1.18

ตารางผนวกที่ 5 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	14.6	16.5	1502	1193	0.81	1.19	1.19
2	14.3	18.2	1528	1215	0.85	1.19	0.00
3	12.3	16.8	1114	1216	0.88	1.79	0.00
4	13.7	17.3	1479	1223	0.99	1.19	1.21
5	13.2	16.2	1215	1224	0.83	1.18	1.11
6	12.7	15.6	1092	1225	0.94	1.17	1.17
7	12.4	16.4	1174	1225	1.02	1.17	1.11
8	13.9	15.7	1358	1244	1.00	1.97	1.16
9	12.1	15.2	1045	1244	1.25	1.17	1.15
10	14.7	15.9	1500	1246	1.21	1.17	0.00
11	14.4	16.6	1540	1251	0.87	1.16	1.09
12	14.4	16.9	1503	1253	0.72	1.36	1.13
13	12.3	16.5	1117	1260	0.77	1.15	1.20
14	14.7	17.3	1587	1260	1.08	1.15	0.00
15	14.2	18.3	1542	1267	0.91	1.65	1.28
16	14.4	18.7	1748	1268	1.14	1.15	1.23
17	14	17.9	1447	1274	0.92	1.15	1.17
18	14.4	17.7	1520	1275	1.07	1.15	1.17
19	15.1	19.1	1961	1280	1.18	1.15	1.23
20	15.1	17.2	1734	1283	1.06	1.15	0.00

ตารางผนวกที่ 6 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	15	18	1438	1299	1.07	1.15	0.00
2	14	17.4	1410	1304	0.89	1.14	1.09
3	13.7	17.6	1371	1304	0.93	1.14	0.00
4	14.4	17.6	1537	1305	0.94	1.14	0.00
5	14.5	18	1606	1305	0.79	1.14	1.18
6	14.5	17.4	1730	1307	0.76	1.24	1.09
7	14.2	18.4	1774	1310	0.70	1.14	1.35
8	15.1	17.2	1621	1320	0.91	1.18	1.17
9	14.7	17.9	1419	1321	0.82	1.13	1.16
10	14.3	16.9	1536	1324	0.84	1.12	1.17
11	14.7	17.9	1585	1326	1.35	1.12	1.12
12	14.8	18.2	1618	1327	0.88	1.12	1.17
13	12.1	16.2	1094	1344	0.83	1.11	1.14
14	15.3	18.1	1685	1348	1.06	1.41	0.00
15	14.8	17.3	1564	1351	1.26	1.11	1.20
16	14.5	17.9	1549	1359	0.84	1.11	1.13
17	14	15.9	1249	1359	0.97	1.11	0.00
18	13.2	16.8	1326	1364	0.93	1.20	1.08
19	12.4	16.1	1014	1367	0.69	1.10	1.23
20	13.8	17.9	1475	1371	1.17	1.10	1.03

ตารางผนวกที่ 7 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 182 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	14.8	18.3	1677	1380	0.84	1.10	0.00
2	15	17.5	1671	1380	1.19	1.10	0.73
3	13.2	15.9	1081	1381	0.72	1.10	0.00
4	12.9	16.8	1118	1386	1.24	1.10	1.13
5	13.2	16.6	1260	1389	0.99	1.09	1.00
6	14.4	17.6	1538	1399	0.73	1.09	1.12
7	12.8	16.1	1103	1405	0.72	1.08	1.32
8	14.5	18.1	1528	1406	0.79	1.18	0.00
9	13.7	18	1425	1407	0.85	1.08	0.00
10	13.1	17.6	1192	1408	0.89	1.08	1.15
11	14.6	21	1942	1410	0.85	1.07	1.05
12	12.6	14.9	1029	1421	0.92	1.07	1.14
13	14.3	17.5	1560	1423	0.84	1.07	1.10
14	15.1	18.2	1725	1424	0.89	1.07	1.24
15	14.1	17.2	1489	1426	0.90	1.06	1.05
16	14.1	17.1	1429	1427	0.92	1.06	1.04
17	14.8	19.4	1773	1429	0.92	1.06	1.11
18	14.7	17.4	1583	1442	0.97	1.06	0.00
19	13.9	17.7	1445	1442	0.78	1.06	0.00
20	13.6	17.6	1435	1446	0.83	1.06	1.12

ตารางผนวกที่ 8 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 186 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	13.6	18.3	1386	1459	0.75	1.08	0.00
2	12.8	17	1179	1460	0.88	1.05	0.97
3	12.4	15.4	1038	1462	0.93	1.05	0.96
4	14.6	17.8	1562	1475	0.75	1.05	1.10
5	13.4	18.1	1342	1476	0.72	1.04	1.09
6	14.8	17.3	1548	1477	0.79	1.04	1.18
7	14.1	17.5	1421	1482	0.85	1.04	1.08
8	14.5	17.8	1550	1482	0.79	1.04	1.04
9	13.4	16	1152	1485	0.64	1.03	0.00
10	13	15	1080	1494	0.72	1.03	1.10
11	12.2	15.7	1026	1494	0.89	1.03	0.00
12	14	18.1	1450	1498	0.88	1.02	1.09
13	13.5	15.4	1174	1504	0.97	1.02	1.21
14	13.5	16.6	1125	1505	0.75	1.02	1.00
15	14.2	15	1330	1506	0.84	1.02	1.15
16	14.9	17.4	1496	1509	0.84	1.01	1.00
17	14	17.3	1510	1509	0.88	1.01	0.84
18	13.9	16.9	1269	1512	0.88	1.01	1.33
19	14.5	18	1406	1514	1.15	1.01	1.25
20	12.9	18.1	1318	1518	0.83	1.01	0.86

ตารางผนวกที่ 9 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 190 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	12.6	16.1	1132	1520	0.86	1.01	0.00
2	13.2	17.9	1335	1526	0.74	1.01	1.00
3	14	16.8	1402	1530	0.65	1.01	0.99
4	12.3	16.3	1139	1535	0.99	1.00	0.89
5	12.5	15.4	1081	1541	0.85	1.00	0.91
6	12.8	17.5	1045	1542	0.98	1.00	1.14
7	13.7	17.6	1281	1544	0.91	1.00	0.98
8	13.5	16.1	1186	1545	0.99	1.00	1.01
9	12.3	16.7	963	1545	0.74	1.00	0.88
10	13	15	1078	1555	0.69	1.00	1.06
11	14.1	15.4	1332	1556	0.66	1.00	0.99
12	13.5	17.8	1304	1556	0.94	1.00	0.96
13	12.7	15.1	1033	1562	0.76	0.99	1.71
14	13.2	15.9	1117	1569	0.73	0.98	1.07
15	13.6	16.5	1244	1573	0.86	0.98	0.98
16	13.5	17.3	1242	1577	0.97	0.98	1.05
17	13.6	15	1301	1584	0.98	0.97	0.95
18	13.6	15	1285	1591	0.83	0.97	1.04
19	14.2	18.4	1672	1593	0.92	0.96	0.94
20	12.9	17.3	1213	1604	0.87	0.96	0.83

ตารางผนวกที่ 10 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 194 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	14.1	15	1219	1607	0.98	0.96	1.34
2	14.5	18.5	1709	1607	0.98	0.96	0.88
3	12.6	17.7	1045	1615	0.63	0.96	1.34
4	14.6	18.5	1770	1618	0.66	0.96	0.00
5	13.8	17.9	1410	1618	0.75	0.96	1.00
6	12.3	17.4	1035	1630	0.92	0.96	1.06
7	12.6	17.7	1027	1631	0.66	0.93	0.99
8	13.3	15.5	1130	1632	0.92	0.95	1.17
9	13.2	17.5	1207	1635	0.86	0.95	1.10
10	14.2	15.1	1261	1640	0.72	0.94	1.00
11	13.5	17.9	1194	1655	1.18	0.94	0.96
12	13.6	15.4	1289	1656	0.63	0.74	0.91
13	14.1	14.5	1177	1663	0.96	0.94	0.87
14	13.6	16.9	1252	1666	1.06	0.94	0.98
15	14.4	16	1261	1677	0.91	0.84	1.00
16	13.8	17.3	1274	1682	0.88	0.94	1.06
17	13.7	17	1272	1706	1.10	0.94	0.93
18	13.9	15.9	1333	1708	0.98	0.93	0.71
19	13.1	17.9	1072	1711	0.90	0.93	0.84
20	13.1	18.1	1142	1715	0.89	0.93	1.00

ตารางผนวกที่ 11 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 198 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	14.8	26	1464	1715	0.81	0.92	0.98
2	13.8	16.5	1217	1717	0.80	0.92	1.21
3	13.9	14.9	1275	1718	0.78	0.91	0.93
4	13.4	17.3	1280	1723	0.87	0.91	0.92
5	13	17.5	1073	1724	0.91	0.91	1.13
6	12.4	17.7	1032	1724	0.99	0.90	0.95
7	12.3	17.7	941	1727	1.01	0.90	0.96
8	14.1	15.3	1227	1735	0.93	0.90	0.95
9	12.6	17.1	1092	1738	0.82	0.80	1.16
10	13.2	17	1116	1738	0.88	0.89	0.73
11	14.8	18.3	1788	1739	0.91	0.89	0.94
12	13.9	15.1	1158	1740	0.93	0.89	0.89
13	12.1	17.1	1093	1743	0.63	0.88	0.87
14	14.4	17.6	1386	1751	0.98	0.88	0.76
15	14.6	19.9	1651	1755	0.91	0.86	0.66
16	12.3	17	1090	1759	0.90	0.76	0.73
17	13.4	17.2	1271	1766	0.72	0.86	1.13
18	13.8	15.9	1212	1768	0.77	0.85	0.91
19	11.5	17.3	899	1769	0.59	0.85	1.03
20	14.3	16	1517	1769	0.86	0.95	0.72

ตารางผนวกที่ 12 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 202 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	12.7	17.2	1041	1777	0.81	0.85	0.95
2	13	18	1094	1779	0.82	0.75	0.89
3	12.8	17.1	1124	1780	0.60	0.83	0.82
4	13.4	16.9	1264	1780	0.80	0.82	0.95
5	14.4	18.1	1373	1790	0.66	0.82	0.87
6	14.7	19.8	1731	1792	0.60	0.80	0.77
7	13.9	14.6	1281	1793	0.64	0.79	1.28
8	14.2	14.9	1259	1804	0.74	0.78	0.73
9	14.5	16.7	1565	1805	0.57	0.78	0.89
10	14.7	17.7	1511	1805	0.83	0.77	0.83
11	13.3	17.5	1084	1805	0.85	0.67	0.84
12	11.8	17.1	894	1819	0.83	0.77	0.86
13	12.7	18.1	952	1830	0.62	0.75	0.72
14	13.6	17.9	1325	1834	0.89	0.75	0.89
15	13.9	17.5	1120	1835	0.86	0.74	0.73
16	14.1	16.8	1401	1840	0.98	0.84	0.63
17	12.9	16.2	1121	1853	0.81	0.71	0.76
18	13.5	16.9	1299	1855	0.85	0.61	0.66
19	13.7	16.9	1432	1858	1.10	0.70	0.75
20	13.7	17	1267	1858	0.98	0.69	0.69

ตารางผนวกที่ 13 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 206 วัน
(ตอนที่ 1)

No.	Physical Properties					Frequency (kHz)	
	Diameter (cm)	High (cm)	Weight (cm)	Volume (cm ³)	Specific Gravity	edge	face
1	14.3	15.2	1269	1862	0.55	0.67	0.70
2	14.5	17	1561	1863	0.71	0.66	0.53
3	12.5	17.4	1132	1866	0.70	0.64	0.57
4	12.8	16.7	1078	1877	0.64	0.63	0.64
5	14.8	18.5	1418	1881	0.88	0.63	0.52
6	13.7	16.8	1303	1887	0.87	0.61	0.67
7	14.6	16.9	1514	1900	0.90	0.51	0.52
8	14.4	17.2	1474	1905	0.84	0.61	0.60
9	13.9	15.9	1300	1905	0.87	0.60	0.50
10	13.1	17.9	1140	1907	0.68	0.59	0.57
11	14.1	17.7	1190	1914	0.55	0.57	0.55
12	14.6	18.4	1462	1919	0.55	0.57	0.65
13	14.4	15.8	1350	1925	0.57	0.56	0.50
14	14.9	17.5	1737	1947	0.56	0.55	0.52
15	12.4	16.9	1101	1953	0.54	0.54	0.54
16	14.5	17.2	1666	1985	0.57	0.54	0.54
17	14.1	18.8	1458	1985	0.99	0.54	0.53
18	15	17.2	1681	2024	0.80	0.63	0.58
19	13.6	16.3	1156	2063	0.63	0.53	0.50
20	14.4	19	1402	2072	0.93	0.51	0.50

ตารางผนวกที่ 14 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 170 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	40.12	24.15	22.77	3.15
2	40.65	24.51	20.97	4.32
3	37.21	15.34	20.28	2.88
4	42.71	17.03	22.46	3.74
5	48.66	22.80	23.68	4.66
6	46.88	59.61	22.78	10.52
7	48.95	35.32	23.20	7.17
8	51.59	73.79	24.56	11.45
9	45.76	111.53	23.57	20.08
10	40.94	7.64	23.05	1.91
11	43.11	203.43	19.68	30.51
12	38.49	254.74	21.15	50.95
13	48.24	285.25	26.30	42.79
14	38.74	256.33	19.37	43.53
15	49.35	380.93	25.18	72.94
16	43.91	338.28	20.90	60.89
17	46.85	99.35	24.15	15.15
18	42.52	69.23	23.10	10.93
19	46.42	92.90	22.52	11.61
20	50.22	122.97	24.39	19.42

ตารางผนวกที่ 15 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exsocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	47.93	67.51	22.12	10.48
2	41.48	176.37	23.29	31.12
3	52.68	99.34	28.62	15.15
4	42.37	70.51	23.81	14.10
5	42.89	75.28	24.10	9.96
6	44.28	134.58	24.90	24.22
7	42.35	137.84	23.88	24.32
8	49.35	143.22	22.21	24.79
9	40.91	154.01	23.05	32.24
10	46.91	81.73	21.11	13.37
11	55.68	43.41	23.93	7.10
12	47.25	217.65	23.62	34.98
13	45.08	105.02	25.31	17.18
14	116.43	184.35	27.85	33.87
15	76.53	111.46	20.35	17.29
16	56.22	87.60	28.14	11.94
17	38.57	265.44	22.27	45.94
18	44.17	304.92	23.61	51.78
19	53.60	28.34	26.05	5.10
20	49.26	99.82	23.97	18.72

ตารางผนวกที่ 16 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	40.86	355.84	21.60	71.17
2	47.00	441.77	22.84	84.59
3	49.16	73.42	23.90	10.83
4	44.85	109.40	23.73	18.58
5	86.87	123.17	22.47	22.17
6	52.70	59.44	24.83	7.43
7	50.25	84.26	24.47	15.48
8	46.67	90.95	22.18	13.42
9	40.34	397.94	21.40	66.32
10	55.83	233.97	26.02	42.97
11	62.92	380.93	31.45	72.94
12	54.12	520.89	27.06	85.24
13	49.20	187.54	23.31	36.69
14	50.39	48.97	23.87	7.34
15	163.34	288.67	36.49	53.97
16	86.17	118.55	24.31	20.13
17	51.88	235.56	24.01	41.57
18	44.42	96.76	23.39	23.54
19	48.23	355.62	24.79	66.68
20	41.16	101.49	23.17	22.28

ตารางผนวกที่ 17 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 182 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	47.28	183.01	23.64	32.94
2	53.88	222.09	28.53	48.75
3	47.15	388.96	25.04	61.42
4	49.50	291.19	26.03	50.39
5	40.83	100.72	22.85	23.24
6	44.60	72.20	23.62	13.54
7	52.68	330.05	30.17	59.41
8	55.05	338.28	26.08	60.89
9	54.15	185.83	27.92	32.79
10	49.81	228.50	24.97	31.64
11	53.07	149.26	27.19	27.42
12	51.73	447.30	24.43	98.18
13	50.68	338.73	28.51	57.52
14	49.20	123.63	23.76	18.54
15	53.38	221.81	26.69	40.74
16	47.78	443.69	21.14	81.49
17	58.15	302.20	27.54	48.57
18	96.54	148.17	25.22	26.67
19	40.84	158.44	24.51	30.34
20	46.53	216.84	23.17	43.37

ตารางผนวกที่ 18 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 186 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	52.45	309.29	28.49	54.58
2	54.18	663.60	27.09	75.26
3	47.01	456.86	24.28	87.49
4	100.57	154.58	24.39	27.82
5	63.23	228.21	33.87	42.79
6	160.96	277.93	32.75	44.67
7	47.82	372.09	22.11	60.88
8	40.44	131.18	22.82	25.12
9	50.60	413.72	24.82	75.99
10	51.56	491.45	25.13	77.60
11	50.15	433.90	27.45	84.90
12	52.94	559.23	26.47	96.79
13	51.19	500.67	23.03	88.35
14	47.00	387.65	25.58	81.14
15	48.32	338.73	27.22	57.52
16	155.83	270.69	34.59	50.75
17	47.27	203.43	29.69	30.51
18	49.07	237.05	26.31	43.54
19	166.81	283.71	35.24	50.07
20	55.36	329.98	28.21	51.20

ตารางผนวกที่ 19 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 190 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	50.96	403.09	26.18	71.13
2	56.44	435.93	26.64	67.65
3	46.36	351.48	26.90	51.86
4	43.75	363.07	23.93	54.46
5	44.67	452.78	24.28	76.88
6	46.42	472.70	22.92	54.41
7	44.06	260.96	26.43	51.06
8	49.79	174.14	24.12	36.45
9	55.28	503.27	25.60	61.76
10	48.42	353.19	25.25	53.88
11	64.82	283.14	27.77	42.47
12	45.75	275.46	26.60	56.34
13	56.99	420.93	25.64	75.77
14	38.54	279.70	19.10	46.62
15	41.32	250.54	23.98	40.27
16	43.99	371.68	24.74	53.95
17	51.34	222.09	26.59	48.75
18	73.89	149.26	30.98	27.42
19	54.40	308.04	29.67	56.58
20	52.90	293.47	25.67	45.15

ตารางผนวกที่ 20 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 194 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	42.86	397.94	21.43	66.32
2	54.13	349.56	28.61	73.16
3	32.27	800.82	18.15	97.40
4	56.41	323.61	28.20	72.81
5	40.26	341.06	21.31	68.21
6	38.67	405.61	21.12	70.33
7	54.44	650.01	28.16	94.36
8	41.76	411.34	22.70	62.75
9	47.05	244.26	26.61	41.49
10	43.65	449.75	24.10	60.41
11	49.98	555.51	23.51	68.49
12	42.29	418.78	24.58	59.83
13	48.74	221.81	24.37	40.74
14	35.89	487.43	21.54	79.76
15	46.82	371.19	24.60	59.65
16	50.00	323.10	23.64	52.87
17	42.72	487.43	24.74	79.76
18	59.06	308.04	27.26	56.58
19	31.28	661.22	19.37	83.82
20	42.12	477.47	25.27	54.17

ตารางผนวกที่ 21 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 198 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	49.93	302.20	26.49	48.57
2	44.82	349.56	21.82	73.16
3	41.19	468.31	20.14	82.64
4	59.49	400.62	26.40	63.25
5	47.24	563.48	24.42	93.91
6	41.32	640.81	21.14	120.15
7	42.87	501.43	24.92	107.45
8	45.68	355.84	24.82	71.17
9	52.35	808.87	25.36	117.42
10	52.76	529.74	24.83	83.64
11	52.45	330.76	26.98	72.60
12	49.27	323.10	21.67	52.87
13	48.31	599.67	23.48	81.77
14	206.36	361.40	36.70	53.32
15	46.85	283.14	24.69	42.47
16	45.76	275.80	27.15	56.41
17	52.96	274.79	25.08	53.76
18	46.08	330.76	25.74	72.60
19	43.28	236.56	25.09	66.53
20	52.26	167.92	29.34	27.48

ตารางผนวกที่ 22 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 202 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	40.07	668.41	25.20	91.15
2	44.74	679.34	20.41	80.24
3	53.14	299.91	26.09	53.99
4	57.72	389.82	27.27	59.46
5	228.98	411.60	46.05	71.24
6	56.89	302.89	26.69	50.48
7	56.90	302.89	25.61	50.48
8	53.99	330.47	24.99	69.17
9	48.24	250.54	24.80	40.27
10	209.58	369.19	39.85	58.29
11	33.32	706.77	18.08	76.38
12	47.11	477.18	20.75	79.53
13	55.82	666.13	26.23	89.48
14	57.90	319.76	27.23	53.29
15	48.30	484.31	24.03	68.11
16	47.65	233.97	26.01	42.97
17	52.53	475.33	25.04	66.84
18	46.00	293.03	26.78	49.76
19	52.47	87.60	30.49	11.94
20	46.37	330.47	22.54	69.17

ตารางผนวกที่ 23 สมบัติเชิงกลของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 206 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Mechanical Properties			
	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	44.44	706.56	22.68	141.31
2	48.35	174.14	24.84	36.45
3	56.70	381.95	27.13	67.40
4	40.21	509.55	24.13	65.51
5	36.33	468.31	23.48	82.64
6	45.95	372.09	28.58	60.88
7	44.82	369.13	28.56	66.44
8	43.11	497.26	26.76	75.85
9	54.39	323.61	30.59	72.81
10	47.28	631.52	22.33	76.81
11	38.98	361.88	21.82	51.70
12	42.03	369.13	22.95	66.44
13	62.22	130.96	30.28	17.86
14	62.31	235.06	31.16	35.86
15	59.71	294.54	33.84	66.27
16	59.98	185.83	29.22	32.79
17	264.89	485.10	44.22	69.30
18	67.20	285.25	32.72	42.79
19	43.44	668.94	21.66	92.62
20	214.58	399.75	35.67	53.70

ตารางผนวกที่ 24 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 170 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	4.0	0.10	0.00	20.39	1.90
2	5.6	0.05	0.00	18.03	1.57
3	6.4	0.07	0.00	13.95	1.08
4	4.1	0.09	0.00	6.02	0.51
5	5.4	0.07	0.00	12.67	0.88
6	4.5	0.06	0.00	10.12	0.70
7	5.1	0.07	0.00	6.71	0.48
8	5.3	0.09	0.00	1.81	0.17
9	5.8	0.07	0.00	9.83	0.78
10	5.4	0.09	0.00	2.25	0.30
11	5.4	0.07	0.00	0.00	0.00
12	5.5	0.08	0.00	0.00	0.00
13	5.0	0.09	0.00	0.00	0.00
14	6.5	0.11	0.00	0.00	0.00
15	5.5	0.08	0.00	0.00	0.00
16	5.7	0.08	0.00	0.00	0.00
17	5.1	0.07	0.61	49.30	4.27
18	6.7	0.05	0.65	45.68	4.30
19	5.7	0.07	0.86	42.65	3.84
20	5.8	0.05	0.88	43.87	3.67

ตารางผนวกที่ 25 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 174 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	6.8	0.06	0.94	40.29	3.14
2	5.8	0.054	0.96	76.99	12.54
3	5.9	0.07	0.97	29.72	2.57
4	6.0	0.101	0.99	53.57	5.93
5	6.8	0.047	1.08	35.66	3.06
6	6.0	0.06	1.14	36.86	3.67
7	5.6	0.05	1.15	31.46	2.91
8	6.8	0.05	1.16	65.66	6.25
9	6.1	0.07	1.17	31.83	3.06
10	7.1	0.06	1.29	48.94	3.68
11	6.1	0.05	1.32	50.01	4.65
12	6.2	0.06	1.37	77.14	7.73
13	6.8	0.09	1.40	36.86	3.45
14	6.4	0.074	1.43	87.24	9.79
15	6.2	0.07	1.48	59.22	6.00
16	6.0	0.06	1.54	67.15	6.56
17	6.2	0.07	1.55	87.28	6.74
18	6.3	0.11	1.56	70.93	7.44
19	6.0	0.08	1.60	71.05	8.31
20	6.8	0.05	1.64	61.60	4.88

ตารางผนวกที่ 26 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 178 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	6.3	0.06	1.66	107.76	11.39
2	6.3	0.06	1.66	80.83	9.07
3	6.4	0.05	1.68	41.38	3.20
4	7.4	0.05	1.77	52.87	4.53
5	6.4	0.06	1.80	89.78	10.14
6	6.4	0.09	1.83	70.75	6.29
7	6.5	0.067	1.88	76.28	7.90
8	6.5	0.06	1.89	65.81	6.83
9	6.5	0.05	1.90	121.49	13.62
10	7.5	0.047	1.91	83.11	9.70
11	6.5	0.05	1.93	98.05	11.60
12	6.5	0.07	1.93	83.31	8.36
13	6.0	0.07	1.94	36.56	3.42
14	6.6	0.08	1.96	64.59	6.22
15	6.6	0.06	2.01	97.44	11.27
16	6.7	0.087	2.02	81.74	8.49
17	6.3	0.08	2.03	67.44	6.37
18	6.7	0.07	2.07	62.35	9.02
19	6.6	0.07	2.07	50.98	8.07
20	8.7	0.06	2.08	67.18	9.15

ตารางผนวกที่ 27 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 182 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Reology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	6.7	0.087	2.11	61.94	6.37
2	6.8	0.08	2.12	88.36	10.96
3	6.8	0.05	2.14	64.19	9.79
4	7.8	0.06	2.18	62.64	8.24
5	6.8	0.114	2.22	57.12	7.99
6	6.8	0.06	2.24	55.35	5.42
7	6.2	0.08	2.28	53.28	6.66
8	6.8	0.07	2.33	85.09	8.73
9	6.9	0.05	2.36	90.23	11.46
10	6.9	0.06	2.42	67.72	11.04
11	6.2	0.05	2.45	75.46	9.00
12	6.9	0.07	2.46	59.41	10.99
13	6.0	0.094	2.48	90.44	10.72
14	7.0	0.07	2.48	78.66	10.10
15	7.0	0.07	2.49	87.52	9.61
16	6.7	0.07	2.51	90.22	11.45
17	7.0	0.07	2.54	79.64	11.45
18	7.0	0.05	2.56	90.83	10.10
19	6.6	0.06	2.59	73.88	11.79
20	7.0	0.06	2.60	93.39	16.06

ตารางผนวกที่ 28 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 186 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	7.0	0.05	2.60	88.38	11.56
2	6.0	0.07	2.61	69.89	12.93
3	7.0	0.05	2.66	64.66	13.63
4	7.0	0.074	2.66	90.53	11.62
5	7.5	0.08	2.68	81.08	10.11
6	7.0	0.08	2.70	94.40	10.56
7	7.0	0.087	2.72	83.60	12.21
8	7.0	0.03	2.77	72.60	6.96
9	7.0	0.094	2.79	72.72	11.07
10	6.1	0.06	2.81	64.42	12.81
11	7.1	0.07	2.82	59.90	12.41
12	7.1	0.06	2.82	95.09	12.36
13	6.1	0.07	2.82	67.18	13.48
14	7.1	0.07	2.84	69.17	11.09
15	7.8	0.107	2.85	108.78	7.25
16	7.1	0.087	2.90	93.63	12.61
17	7.1	0.034	2.91	89.71	10.12
18	7.9	0.06	2.96	98.41	24.60
19	7.2	0.07	2.97	80.32	11.38
20	7.2	0.05	2.98	67.21	8.20

ตารางผนวกที่ 29 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 190 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	7.4	0.06	3.01	75.14	10.86
2	7.2	0.101	3.01	75.00	12.15
3	7.2	0.07	3.04	88.69	16.94
4	7.5	0.067	3.06	84.88	12.14
5	6.2	0.074	3.10	62.89	12.43
6	7.2	0.08	3.13	72.81	11.11
7	7.8	0.087	3.14	73.24	15.82
8	7.2	0.074	3.15	89.38	5.78
9	7.2	0.09	3.17	69.28	9.86
10	7.2	0.05	3.18	77.03	10.17
11	7.3	0.07	3.22	114.63	0.83
12	6.3	0.08	3.24	71.61	14.39
13	7.3	0.087	3.28	67.54	12.49
14	7.8	0.094	3.34	89.15	21.84
15	8.3	0.07	3.34	99.39	9.41
16	7.3	0.08	3.35	80.37	17.36
17	7.4	0.074	3.37	113.19	2.18
18	7.1	0.09	3.38	90.26	9.66
19	7.4	0.06	3.39	97.09	19.53
20	6.4	0.067	3.40	85.28	17.99

ตารางผนวกที่ 30 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 194 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	7.5	0.07	3.40	111.49	18.66
2	7.5	0.05	3.44	108.52	20.94
3	7.8	0.06	3.45	80.76	6.31
4	7.3	0.07	3.50	110.63	22.80
5	7.5	0.09	3.56	77.10	1.78
6	7.5	0.04	3.57	71.61	4.82
7	7.7	0.03	3.57	69.54	6.03
8	7.5	0.09	3.59	88.81	23.09
9	6.5	0.101	3.62	104.47	14.62
10	7.5	0.07	3.63	113.78	23.78
11	7.6	0.07	3.67	95.59	25.84
12	7.1	0.07	3.68	89.39	18.24
13	7.6	0.054	3.70	129.22	2.40
14	7.6	0.07	3.70	99.64	21.59
15	7.4	0.09	3.70	96.37	20.62
16	7.6	0.08	3.72	102.19	20.91
17	6.6	0.08	3.73	88.65	15.55
18	7.6	0.087	3.75	113.93	5.52
19	8.6	0.121	3.77	85.63	6.17
20	7.6	0.05	3.78	87.64	20.29

ตารางผนวกที่ 31 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 198 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	7.7	0.08	3.79	119.20	13.62
2	7.4	0.054	3.79	89.34	7.07
3	7.7	0.07	3.80	112.65	8.03
4	7.9	0.08	3.81	89.33	18.04
5	7.7	0.04	3.85	92.96	2.82
6	7.2	0.08	3.88	79.38	4.31
7	8.7	0.074	3.89	74.60	6.76
8	7.7	0.09	3.94	115.99	4.54
9	7.6	0.07	3.96	94.13	8.22
10	7.7	0.087	3.96	75.76	13.01
11	7.8	0.054	3.97	117.96	25.41
12	7.3	0.09	3.98	127.74	13.25
13	7.8	0.04	3.99	81.86	17.83
14	8.8	0.054	4.00	110.38	19.25
15	7.8	0.07	4.01	104.48	15.65
16	7.4	0.09	4.02	114.61	8.98
17	7.8	0.07	4.04	92.32	19.02
18	7.8	0.06	4.04	107.46	13.75
19	7.2	0.054	4.13	71.35	6.00
20	7.9	0.04	4.14	133.43	3.38

ตารางผนวกที่ 32 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 202 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	7.9	0.06	4.15	81.80	16.88
2	7.5	0.07	4.19	90.99	1.46
3	7.9	0.054	4.19	65.78	8.75
4	6.9	0.087	4.24	93.51	26.28
5	7.9	0.07	4.24	105.51	17.17
6	7.9	0.094	4.25	106.98	22.46
7	8.9	0.08	4.27	111.45	1.19
8	7.9	0.107	4.28	145.78	3.82
9	8.0	0.047	4.28	78.57	14.87
10	8.0	0.04	4.34	115.08	19.37
11	7.5	0.05	4.38	99.27	12.74
12	8.0	0.09	4.38	68.04	5.06
13	8.4	0.08	4.41	84.64	2.10
14	8.0	0.03	4.42	95.07	25.29
15	6.8	0.067	4.43	92.64	21.86
16	7.8	0.07	4.44	115.61	12.30
17	7.0	0.07	4.45	96.97	22.11
18	8.0	0.05	4.49	139.73	10.57
19	8.1	0.08	4.49	129.45	3.49
20	8.1	0.074	4.58	108.85	22.49

ตารางผนวกที่ 33 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนในช่วงอายุ 206 วัน (ตอนที่ 1)

No.	Physiology Properties				
	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity (%)	Flesh Thickness (mm)	Flesh Weight (g)	Dry Flesh Weight (g)
1	8.2	0.05	4.63	129.31	35.97
2	7.8	0.11	4.66	121.84	25.54
3	8.2	0.087	4.69	111.23	4.58
4	8.2	0.101	4.69	95.64	25.50
5	8.3	0.05	4.72	122.67	19.97
6	7.3	0.07	4.82	146.66	4.70
7	8.3	0.074	4.85	145.73	18.80
8	8.1	0.05	4.86	162.14	73.50
9	8.3	0.07	4.89	133.07	0.82
10	8.4	0.06	4.96	92.62	22.80
11	8.4	0.067	5.09	99.73	24.42
12	8.5	0.07	5.09	134.90	33.88
13	8.4	0.03	5.18	152.81	17.59
14	8.6	0.087	5.25	149.30	33.76
15	8.2	0.06	5.29	109.46	9.55
16	8.6	0.05	5.37	164.55	50.95
17	8.7	0.05	5.45	131.84	38.93
18	8.8	0.06	5.57	149.05	40.93
19	8.8	0.06	5.84	149.92	29.72
20	9.2	0.07	5.97	147.72	41.34

ตารางผนวกที่ 34 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อชั้นเดียว
(ตอนที่ 2)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	0.51	0.53	71.02	15.34	46.05	2.88
2	0.49	0.53	71.02	17.03	44.22	3.74
3	0.53	0.53	70.8	28.34	44.22	5.1
4	0.55	0.54	68.56	30.53	39.85	5.89
5	0.9	0.55	68.56	35.32	36.7	6.84
6	0.73	0.57	68.56	40.58	36.49	7.03
7	0.68	0.57	67.2	43.41	35.67	7.1
8	0.83	0.58	67.2	48.97	35.67	7.17
9	0.91	0.59	67.2	52.33	35.67	7.34
10	0.66	0.6	67.2	59.44	35.24	7.43
11	0.77	0.61	67.2	67.51	34.59	9.58
12	0.73	0.61	67.2	69.23	33.87	9.96
13	0.76	0.61	67.2	70.51	33.87	10.48
14	0.88	0.62	67.2	72.2	33.84	10.83
15	0.55	0.63	66.03	73.42	33.84	10.93
16	0.56	0.63	66.03	73.79	33.84	11.37
17	0.98	0.63	66.03	74.48	33.84	11.45
18	0.79	0.64	66.03	75.28	32.75	11.61
19	0.62	0.65	66.03	81.73	32.75	11.94
20	0.91	0.66	66.03	82.14	32.72	11.94

ตารางผนวกที่ 34 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
21	0.8	0.67	66.03	84.26	32.72	13.37
22	0.81	0.67	64.87	87.6	31.8	13.42
23	0.59	0.69	64.82	87.6	31.45	13.54
24	0.79	0.7	64.66	90.95	31.16	14.1
25	0.65	0.7	64.66	92.9	31.16	15.05
26	0.59	0.71	64.61	96.76	31.16	15.15
27	0.63	0.71	64.61	99.34	31.16	15.15
28	0.73	0.71	64.16	99.35	31.16	15.48
29	0.56	0.71	64.16	99.82	31.14	16.41
30	0.81	0.71	64.16	100.72	30.98	17.18
31	0.83	0.72	63.23	101.49	30.59	17.29
32	0.81	0.74	63.23	105.02	30.59	17.86
33	0.61	0.74	63.23	105.34	30.59	17.86
34	0.86	0.75	63.23	109.4	30.49	17.86
35	0.84	0.75	62.98	111.46	30.47	17.86
36	0.88	0.75	62.98	111.53	30.47	17.86
37	0.81	0.77	62.92	113.03	30.47	17.96
38	0.96	0.77	62.31	118.55	30.37	18.54
39	0.79	0.77	62.31	122.97	30.37	18.58
40	0.83	0.78	62.31	123.17	30.28	18.72

ตารางผนวกที่ 34 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
41	1.08	0.78	62.31	123.63	30.28	19.42
42	0.95	0.78	62.31	130.96	30.28	20.08
43	0.79	0.78	62.22	130.96	30.28	20.13
44	0.78	0.78	62.22	130.96	30.28	22.17
45	0.76	0.78	62.22	130.96	30.17	22.28
46	0.85	0.79	62.22	130.96	29.93	23.21
47	0.93	0.8	62.22	131.18	29.72	23.24
48	0.9	0.8	61.54	131.18	29.69	23.54
49	0.9	0.82	61.4	134.12	29.67	24.22
50	0.97	0.82	61.4	134.58	29.63	24.23
51	0.87	0.83	61.06	137.84	29.34	24.32
52	0.85	0.85	60.93	139.71	29.22	24.79
53	0.99	0.85	60.93	139.97	29.22	25.12
54	0.91	0.85	60.93	143.22	29.22	25.12
55	0.85	0.85	60.31	148.17	29.05	26.67
56	0.8	0.85	59.98	149.26	28.65	27.42
57	0.86	0.85	59.98	149.26	28.62	27.42
58	0.89	0.86	59.98	154.01	28.61	27.48
59	0.91	0.86	59.71	154.58	28.61	27.48
60	0.62	0.86	59.71	154.58	28.58	27.82

ตารางผนวกที่ 34 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
61	0.95	0.87	59.71	158.44	28.58	27.82
62	0.88	0.88	59.71	167.92	28.58	28.19
63	0.88	0.88	59.53	167.92	28.58	30.34
64	0.71	0.89	59.49	174.14	28.56	30.39
65	0.75	0.89	59.49	174.14	28.56	30.51
66	0.58	0.89	59.24	176.37	28.56	30.51
67	0.84	0.9	59.06	183.01	28.56	31.12
68	0.89	0.9	59.06	184.35	28.53	31.64
69	0.96	0.9	59.06	185.83	28.51	32.24
70	0.96	0.9	59.06	185.83	28.49	32.79
71	1.02	0.9	58.28	185.83	28.24	32.79
72	0.62	0.9	58.15	185.83	28.21	32.79
73	0.95	0.9	57.9	187.54	28.2	32.79
74	0.88	0.91	57.72	203.43	28.2	32.94
75	0.64	0.91	57.15	203.43	28.16	33.87
76	0.72	0.91	56.99	208.29	28.16	34.71
77	0.89	0.91	56.98	208.29	28.14	34.71
78	0.83	0.91	56.9	208.29	28.1	34.71
79	0.86	0.91	56.89	209.34	27.92	34.98
80	0.64	0.91	56.7	216.84	27.85	35.86

ตารางผนวกที่ 34 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency , f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
81	0.84	0.92	56.7	217.65	27.8	35.86
82	0.89	0.92	56.56	221.81	27.77	35.86
83	0.86	0.93	56.44	221.81	27.73	35.86
84	0.83	0.93	56.41	221.81	27.65	35.86
85	0.96	0.93	56.41	222.09	27.62	36.45
86	0.7	0.93	56.22	222.09	27.62	36.45
87	1.13	0.93	56.02	222.39	27.54	36.69
88	0.6	0.93	55.83	228.21	27.5	38.3
89	0.91	0.93	55.82	228.21	27.45	38.92
90	1.01	0.94	55.68	228.5	27.36	40.27
91	0.87	0.94	55.36	233.97	27.27	40.27
92	0.84	0.94	55.28	233.97	27.26	40.74
93	1.04	0.94	55.05	235.06	27.26	40.74
94	0.86	0.94	54.47	235.06	27.23	40.74
95	0.94	0.94	54.44	235.06	27.22	41.49
96	0.86	0.94	54.44	235.06	27.19	41.49
97	0.85	0.94	54.42	235.06	27.15	41.57
98	0.82	0.94	54.4	235.56	27.13	42.21
99	0.7	0.94	54.39	236.56	27.13	42.47
100	0.62	0.94	54.39	237.05	27.09	42.47

ตารางผนวกที่ 35 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อชั้นครึ่ง
(ตอนที่ 2)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	0.62	0.94	54.39	237.82	27.06	42.79
2	0.93	0.94	54.18	244.26	26.98	42.79
3	0.94	0.94	54.15	244.26	26.95	42.79
4	0.81	0.94	54.13	250.54	26.95	42.79
5	0.81	0.95	54.13	250.54	26.9	42.79
6	0.93	0.95	54.12	254.74	26.89	42.97
7	0.93	0.96	53.99	256.33	26.81	42.97
8	0.85	0.96	53.88	260.96	26.78	43.37
9	0.86	0.96	53.78	265.44	26.76	43.53
10	0.87	0.96	53.6	270.69	26.76	43.54
11	0.87	0.96	53.38	274.79	26.69	44.48
12	0.89	0.96	53.14	275.46	26.69	44.67
13	0.89	0.96	53.07	275.8	26.66	44.67
14	0.83	0.96	52.96	276.65	26.64	45.15
15	0.83	0.96	52.94	277.93	26.61	45.94
16	0.89	0.96	52.9	277.93	26.61	46.62
17	0.89	0.96	52.76	279.7	26.6	48.57
18	0.95	0.96	52.7	283.14	26.59	48.57
19	0.95	0.96	52.68	283.14	26.49	48.57
20	0.7	0.97	52.68	283.71	26.49	48.75

ตารางผนวกที่ 35 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
21	0.66	0.97	52.53	285.25	26.47	48.75
22	0.63	0.97	52.47	285.25	26.43	49.76
23	0.89	0.97	52.45	285.25	26.43	50.07
24	0.72	0.98	52.45	288.67	26.4	50.39
25	0.69	0.98	52.35	291.19	26.4	50.48
26	0.82	0.98	52.26	293.03	26.31	50.48
27	0.88	0.98	51.88	293.47	26.3	50.75
28	0.93	0.98	51.78	294.54	26.28	50.95
29	0.94	0.99	51.73	294.54	26.23	51.06
30	0.79	0.99	51.59	294.54	26.18	51.2
31	1.01	0.99	51.56	294.54	26.09	51.7
32	0.88	1	51.34	296.56	26.08	51.7
33	0.83	1	51.19	299.91	26.05	51.7
34	0.86	1	50.96	302.2	26.05	51.78
35	0.71	1	50.79	302.2	26.03	51.86
36	0.84	1	50.79	302.2	26.02	52.87
37	0.89	1	50.68	302.89	26.01	52.87
38	0.72	1	50.6	302.89	25.74	52.87
39	0.69	1	50.39	304.92	25.7	53.25
40	0.66	1	50.25	308.04	25.7	53.29

ตารางผนวกที่ 35 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
41	0.81	1	50.22	308.04	25.67	53.32
42	0.76	1	50.15	308.04	25.64	53.7
43	0.62	1	50	309.29	25.64	53.7
44	0.69	1	50	319.76	25.61	53.7
45	0.85	1.01	49.98	323.1	25.6	53.76
46	0.84	1.01	49.98	323.1	25.58	53.88
47	0.66	1.01	49.93	323.1	25.36	53.95
48	0.72	1.01	49.93	323.61	25.31	53.97
49	0.8	1.01	49.81	323.61	25.27	53.99
50	0.8	1.01	49.79	323.61	25.27	54.17
51	0.84	1.01	49.5	323.61	25.25	54.17
52	0.83	1.01	49.35	323.61	25.22	54.41
53	1.08	1.02	49.35	323.63	25.2	54.46
54	0.79	1.02	49.27	329.98	25.18	54.58
55	0.79	1.02	49.26	330.05	25.13	56.34
56	1.11	1.02	49.2	330.47	25.09	56.41
57	1.11	1.02	49.2	330.47	25.08	56.58
58	0.68	1.03	49.16	330.76	25.04	56.58
59	0.68	1.03	49.07	330.76	25.04	56.58
60	1.15	1.03	48.95	338.28	24.99	57.52

ตารางผนวกที่ 35 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
61	1.15	1.04	48.74	338.28	24.97	57.52
62	0.92	1.04	48.74	338.73	24.92	58.29
63	0.92	1.04	48.42	338.73	24.92	58.39
64	0.68	1.04	48.35	341.06	24.9	58.6
65	0.68	1.04	48.35	341.06	24.84	58.6
66	0.67	1.04	48.32	349.56	24.83	59.41
67	0.67	1.04	48.31	349.56	24.83	59.46
68	0.74	1.04	48.3	349.56	24.82	59.65
69	0.74	1.04	48.24	349.56	24.82	59.65
70	0.8	1.04	48.24	351.48	24.82	59.83
71	0.8	1.05	48.23	353.19	24.8	59.83
72	0.83	1.05	47.93	355.62	24.79	60.41
73	0.84	1.05	47.82	355.84	24.74	60.41
74	0.79	1.05	47.82	355.84	24.74	60.88
75	0.79	1.06	47.78	355.84	24.74	60.88
76	0.85	1.06	47.65	358.93	24.69	60.88
77	0.85	1.06	47.28	361.4	24.63	60.88
78	0.78	1.06	47.28	361.88	24.6	60.88
79	0.78	1.06	47.28	361.88	24.6	60.88
80	0.83	1.06	47.28	361.88	24.58	60.89

ตารางผนวกที่ 35 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
81	0.84	1.06	47.27	363.07	24.58	60.89
82	0.84	1.06	47.25	369.13	24.56	61.42
83	0.84	1.06	47.24	369.13	24.51	61.76
84	0.85	1.07	47.24	369.13	24.47	62.75
85	0.85	1.07	47.15	369.13	24.43	62.75
86	0.85	1.07	47.11	369.13	24.42	63.25
87	0.86	1.07	47.05	369.13	24.42	63.25
88	0.9	1.08	47.05	369.13	24.39	64.92
89	0.9	1.08	47.01	369.19	24.39	65.09
90	0.72	1.08	47.01	371.19	24.39	65.09
91	0.73	1.08	47	371.19	24.37	65.51
92	0.77	1.08	47	371.68	24.37	65.51
93	0.77	1.09	46.91	372.09	24.31	66.27
94	0.99	1.09	46.85	372.09	24.28	66.27
95	1	1.1	46.85	372.09	24.28	66.27
96	0.83	1.1	46.82	372.09	24.28	66.27
97	0.83	1.1	46.82	372.09	24.24	66.32
98	0.87	1.1	46.67	372.09	24.15	66.32
99	0.87	1.1	46.53	372.68	24.13	66.44
100	0.89	1.1	46.42	380.93	24.13	66.44

ตารางผนวกที่ 36 คุณลักษณะทางกายภาพและสมบัติเสียงของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อสองชั้น
(ตอนที่ 2)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
1	0.89	1.1	46.42	380.93	24.12	66.44
2	0.74	1.1	46.37	381.95	24.1	66.44
3	0.74	1.1	46.36	381.95	24.1	66.44
4	0.72	1.1	46.08	387.65	24.1	66.44
5	0.72	1.1	46	388.96	24.03	66.44
6	0.66	1.1	45.95	389.82	24.01	66.53
7	0.66	1.1	45.95	395.76	23.98	66.68
8	0.86	1.11	45.95	397.18	23.97	66.84
9	0.86	1.11	45.95	397.18	23.93	67.3
10	0.77	1.11	45.76	397.75	23.93	67.4
11	0.79	1.11	45.76	397.75	23.9	67.4
12	1.27	1.11	45.75	397.94	23.88	67.65
13	0.82	1.11	45.68	397.94	23.87	68.11
14	0.78	1.11	45.68	399.75	23.81	68.21
15	0.99	1.12	45.08	399.75	23.76	68.21
16	1.17	1.12	44.85	399.75	23.73	68.49
17	0.78	1.12	44.82	400.62	23.64	68.49
18	0.9	1.12	44.82	400.62	23.64	69.17
19	0.87	1.12	44.82	403.09	23.64	69.17
20	0.65	1.13	44.82	405.61	23.62	69.3

ตารางผนวกที่ 36 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
21	1.09	1.13	44.82	405.61	23.62	69.3
22	0.75	1.14	44.82	411.34	23.61	69.62
23	0.79	1.14	44.74	411.34	23.57	69.81
24	0.81	1.14	44.67	411.6	23.51	69.81
25	0.92	1.14	44.6	413.72	23.51	70.33
26	1	1.14	44.44	418.78	23.48	70.33
27	1.26	1.14	44.42	418.78	23.48	71.13
28	0.94	1.14	44.28	420.93	23.48	71.17
29	0.92	1.14	44.17	433.9	23.48	71.17
30	1.15	1.15	44.06	435.93	23.39	71.17
31	1.11	1.15	43.99	440	23.31	71.24
32	0.8	1.15	43.91	441.77	23.29	71.62
33	0.66	1.15	43.75	443.69	23.2	72.6
34	0.71	1.15	43.65	447.3	23.17	72.6
35	0.99	1.15	43.65	449.75	23.17	72.81
36	0.83	1.15	43.44	449.75	23.1	72.81
37	1.06	1.15	43.28	452.78	23.05	72.81
38	0.84	1.15	43.11	456.86	23.03	72.81
39	0.98	1.15	43.11	456.86	22.95	72.81
40	1.08	1.15	43.11	468.31	22.95	72.94

ตารางผนวกที่ 36 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
41	0.96	1.15	42.89	468.31	22.95	72.94
42	0.96	1.15	42.87	468.31	22.92	73.16
43	1.19	1.15	42.87	468.31	22.85	73.16
44	0.86	1.15	42.86	468.31	22.84	73.16
45	0.87	1.15	42.72	472.7	22.82	73.16
46	0.83	1.16	42.72	475.33	22.82	75.26
47	0.83	1.16	42.71	477.18	22.7	75.34
48	1.09	1.16	42.52	477.47	22.7	75.34
49	1.09	1.17	42.37	477.47	22.68	75.77
50	1.09	1.17	42.35	480.98	22.54	75.85
51	1	1.17	42.29	480.98	22.52	75.85
52	1.02	1.17	42.29	484.31	22.47	75.99
53	1.02	1.17	42.12	485.1	22.46	76.38
54	1.02	1.17	42.12	485.1	22.33	76.81
55	1.19	1.18	42.03	487.43	22.33	76.81
56	1.19	1.18	42.03	487.43	22.33	76.81
57	1.19	1.19	42.03	487.43	22.27	76.88
58	1.19	1.19	41.77	487.43	22.21	77.6
59	1.17	1.19	41.76	491.45	22.18	79.53
60	1.17	1.19	41.76	497.26	22.12	79.76

ตารางผนวกที่ 36 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
61	1.03	1.19	41.48	497.26	22.11	79.76
62	1.04	1.19	41.32	500.67	22.11	79.76
63	1.04	1.19	41.32	501.43	22.07	79.76
64	0.91	1.19	41.32	501.43	21.82	80.24
65	0.92	1.19	41.19	503.27	21.82	81.14
66	0.92	1.19	41.19	509.55	21.82	81.49
67	0.96	1.19	41.16	509.55	21.82	81.77
68	0.97	1.2	40.91	518.31	21.82	82.63
69	0.97	1.2	40.86	520.89	21.67	82.64
70	1.19	1.2	40.84	525.29	21.66	82.64
71	1.2	1.2	40.83	527.43	21.6	82.64
72	1.2	1.2	40.44	527.43	21.59	82.64
73	1.11	1.21	40.44	529.74	21.54	82.64
74	1.11	1.21	40.34	549.04	21.54	82.94
75	1.14	1.21	40.26	550.88	21.43	83.64
76	1.14	1.21	40.26	555.51	21.4	83.82
77	1.14	1.21	40.21	555.51	21.31	83.82
78	1.47	1.21	40.21	559.23	21.31	84.59
79	1.47	1.22	40.07	563.48	21.15	84.9
80	1.47	1.22	39.54	563.48	21.14	85.24

ตารางผนวกที่ 36 (ต่อ)

No.	Specific Gravity	Frequency, f_n (kHz)	Exocarp rupture force, HFr (N)	Endocarp rupture force, SFr (N)	Exocarp force-deformation slope, HSL (N/mm)	Endocarp force-deformation slope, SSL (N/mm)
81	1.47	1.22	38.98	599.67	21.14	87.49
82	1.48	1.22	38.98	631.52	21.14	87.49
83	0.94	1.23	38.98	631.52	21.12	88.35
84	0.94	1.23	38.74	631.52	21.12	89.48
85	0.95	1.23	38.67	640.81	21.11	91.15
86	0.95	1.23	38.67	640.81	20.9	92.62
87	1.44	1.23	38.57	650.01	20.75	93.91
88	1.46	1.23	38.54	650.01	20.41	93.91
89	1.47	1.24	38.49	661.22	20.35	94.36
90	1.29	1.24	37.21	661.22	20.28	94.36
91	1.3	1.25	36.33	663.6	20.14	96.79
92	1.49	1.25	36.33	666.13	20.14	97.4
93	1.5	1.25	36.33	668.41	19.68	97.4
94	1.04	1.25	35.89	668.94	19.37	98.18
95	1.27	1.29	35.89	679.34	19.37	107.45
96	1.27	1.34	33.32	706.56	19.37	107.45
97	1.27	1.36	32.27	706.77	19.1	117.42
98	1.57	1.7	32.27	800.82	18.15	120.15
99	1.6	1.84	31.28	800.82	18.15	120.15
100	1.69	1.88	31.28	808.87	18.08	141.31

ตารางผนวกที่ 37 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อชั้นเดียว (ตอนที่ 2)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titrateable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
1	4.5	0.06	74.63	0	0	1.5	0
2	4.1	0.07	61.19	0	0	1.54	0
3	4	0.07	59.70	0	0	1.6	0
4	4	0.05	74.63	0	0	1.65	0.13
5	5.5	0.09	63.15	0	0	1.65	0.16
6	5.7	0.0804	70.90	0	0	1.7	0.21
7	6.3	0.05	117.54	1.81	0.17	1.7	0.22
8	5.5	0.11	51.31	6.02	0.48	1.76	0.24
9	5.4	0.09	62.00	6.71	0.51	1.8	0.25
10	6	0.1005	59.70	9.83	0.78	1.87	0.27
11	6.3	0.0804	78.36	13.95	0.82	1.87	0.28
12	6.6	0.0938	70.36	29.72	0.82	1.9	0.33
13	6	0.10	59.70	31.46	0.82	1.9	0.34
14	5.5	0.08	68.41	31.83	0.83	1.98	0.42
15	4	0.07	59.70	34.34	1.08	1.99	0.48
16	4.4	0.07	59.70	35.4	1.19	2.09	0.56
17	5.7	0.07	85.07	35.66	1.46	2.09	0.61
18	6.6	0.07	98.51	36.56	1.78	2.11	0.65
19	7.1	0.0603	117.74	36.86	1.78	2.11	0.86
20	6.3	0.11	58.77	36.86	2.1	2.19	0.88

ตารางผนวกที่ 37 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
21	6.5	0.0603	107.79	38.78	2.18	2.21	0.94
22	6.9	0.05	147.12	40.29	2.4	2.21	0.96
23	6.2	0.06	102.82	41.38	2.4	2.32	0.97
24	6.5	0.05	121.27	42.65	2.57	2.32	0.99
25	6.5	0.0469	138.59	43.87	2.8	2.37	1.08
26	6.2	0.05	115.67	45.68	2.82	2.37	1.14
27	6.1	0.05	130.06	46.75	2.82	2.63	1.15
28	6.7	0.0804	83.33	48.49	2.84	2.63	1.16
29	6.4	0.05	136.46	48.94	2.91	2.63	1.17
30	6.2	0.0737	84.12	49.3	2.97	2.65	1.29
31	5.4	0.07	73.27	49.31	3.03	2.72	1.32
32	5.7	0.05	106.34	50.01	3.06	2.72	1.37
33	6.1	0.05	113.81	50.98	3.06	2.8	1.4
34	7.1	0.07	96.34	52.87	3.14	2.8	1.43
35	7.2	0.06	119.40	53.28	3.2	3.05	1.48
36	6	0.06	99.50	53.57	3.38	3.05	1.5
37	6	0.08	74.63	55.35	3.42	3.05	1.51
38	5.7	0.07	77.34	57.12	3.45	3.07	1.54
39	7	0.07	104.48	59.22	3.49	3.07	1.55
40	6.4	0.05	119.40	59.41	3.67	3.11	1.56

ตารางผนวกที่ 37 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
41	5.3	0.07	79.10	59.9	3.67	3.11	1.6
42	6.3	0.08	78.36	61.6	3.68	3.11	1.64
43	8.3	0.05	154.85	61.94	3.82	3.16	1.66
44	6.5	0.05	121.27	62.35	3.84	3.17	1.66
45	7	0.07	94.98	62.64	4.27	3.17	1.68
46	6.5	0.07	97.01	62.89	4.3	3.22	1.77
47	6.2	0.09	71.18	64.19	4.31	3.22	1.78
48	6.1	0.09	70.03	64.42	4.31	3.23	1.8
49	6.7	0.07	90.91	64.59	4.48	3.23	1.8
50	6.6	0.08	82.09	64.66	4.53	3.24	1.83
51	6.4	0.08	79.60	64.67	4.54	3.24	1.85
52	6.2	0.08	77.11	65.66	4.54	3.31	1.86
53	5.3	0.07	79.10	65.78	4.58	3.31	1.88
54	6.8	0.08	84.58	65.81	4.58	3.32	1.89
55	6.3	0.07	85.48	67.15	4.65	3.34	1.89
56	8.2	0.05	152.99	67.18	4.7	3.34	1.9
57	7.3	0.07	108.96	67.18	4.7	3.39	1.91
58	6.4	0.06	106.14	67.21	4.7	3.39	1.93
59	6.1	0.07	82.77	67.44	4.7	3.39	1.93
60	6.3	0.05	117.54	67.54	4.82	3.39	1.94

ตารางผนวกที่ 37 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
61	7	0.07	104.48	67.57	4.82	3.39	1.96
62	7.6	0.07	113.43	67.72	4.85	3.41	2.01
63	7	0.07	104.48	68.04	4.88	3.41	2.02
64	6	0.0469	127.93	69.17	5.06	3.41	2.03
65	7.1	0.06	117.74	69.28	5.42	3.41	2.07
66	7.9	0.0536	147.39	69.54	5.52	3.46	2.07
67	6.8	0.05	126.87	69.54	5.52	3.46	2.08
68	6.3	0.08	78.36	69.89	5.78	3.49	2.1
69	7.1	0.07	96.34	70.75	5.93	3.49	2.11
70	7.5	0.07	101.76	70.93	6	3.49	2.12
71	6.4	0.08	79.60	71.05	6	3.49	2.14
72	7.8	0.0536	145.52	71.35	6.03	3.55	2.14
73	5.8	0.05	123.67	71.61	6.03	3.55	2.16
74	6.5	0.07	97.01	71.61	6.17	3.55	2.18
75	6.8	0.06	112.77	71.61	6.17	3.58	2.18
76	7	0.05	130.60	72.6	6.22	3.58	2.22
77	7.1	0.07	96.34	72.6	6.25	3.58	2.24
78	6.9	0.09	79.22	72.72	6.29	3.58	2.26
79	6.5	0.09	69.30	72.81	6.31	3.58	2.27
80	7.8	0.09	83.16	73.24	6.31	3.58	2.28

ตารางผนวกที่ 37 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titraatable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
81	7	0.09	80.37	73.88	6.37	3.6	2.3
82	6.2	0.07	92.54	74.6	6.37	3.6	2.33
83	6.8	0.07	92.27	74.6	6.56	3.62	2.35
84	7	0.06	116.09	75	6.66	3.62	2.36
85	6.7	0.09	71.43	75.14	6.74	3.67	2.42
86	8.2	0.11	76.49	75.46	6.76	3.67	2.42
87	5.8	0.05	108.21	75.76	6.76	3.67	2.45
88	8	0.0469	170.58	76.28	6.83	3.7	2.46
89	7.5	0.05	139.93	76.55	6.96	3.71	2.48
90	6.7	0.07	100.00	76.99	6.96	3.71	2.48
91	7.5	0.06	124.38	77.03	7.07	3.71	2.49
92	7	0.06	116.09	77.1	7.07	3.74	2.51
93	6.2	0.06	102.82	77.1	7.25	3.74	2.54
94	6.5	0.07	97.01	77.14	7.44	3.74	2.56
95	7.2	0.07	97.69	78.12	7.73	3.83	2.56
96	7.2	0.05	134.33	78.57	7.78	3.84	2.59
97	7.7	0.08	95.77	78.66	7.9	3.84	2.6
98	6.9	0.06	114.43	79.38	7.99	3.84	2.6
99	6.1	0.06	101.16	79.38	8.03	3.84	2.61
100	7.8	0.0402	194.03	79.64	8.03	3.85	2.64

ตารางผนวกที่ 38 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อชั้นครึ่ง (ตอนที่ 2)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
1	7.8	0.0402	194.03	80.32	8.07	3.87	2.66
2	7.2	0.06	119.40	80.37	8.09	3.87	2.66
3	7.2	0.06	119.40	80.76	8.2	3.88	2.66
4	7	0.05	149.25	80.76	8.22	3.88	2.68
5	7	0.05	149.25	80.83	8.24	3.88	2.68
6	7.5	0.07	111.94	81.08	8.31	3.88	2.7
7	7.5	0.07	111.94	81.08	8.36	3.94	2.7
8	7.6	0.07	103.12	81.73	8.49	3.94	2.72
9	7.6	0.07	103.12	81.74	8.7	3.94	2.72
10	6.77	0.08	84.20	81.8	8.73	3.95	2.73
11	7.3	0.08	90.80	81.86	8.75	3.95	2.73
12	7	0.08	87.06	83.11	8.98	3.95	2.74
13	6.9	0.08	85.82	83.31	9	3.95	2.74
14	7.7	0.09	82.09	83.6	9.02	3.95	2.75
15	7.4	0.09	78.89	83.6	9.07	3.97	2.75
16	7.5	0.10	74.63	84.64	9.15	3.97	2.76
17	7.3	0.10	72.64	84.88	9.35	3.97	2.76
18	7	0.07	104.48	84.96	9.39	4.06	2.77
19	7	0.07	104.48	85.09	9.41	4.06	2.77
20	7.6	0.0536	141.79	85.23	9.55	4.06	2.79

ตารางผนวกที่ 38 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
21	7.8	0.0536	145.52	85.28	9.55	4.06	2.81
22	7.9	0.0402	196.52	85.63	9.55	4.07	2.82
23	6.7	0.06	111.11	85.63	9.55	4.07	2.82
24	7.7	0.0536	143.66	86.61	9.61	4.07	2.82
25	7.9	0.0603	131.01	87.24	9.66	4.09	2.84
26	7.2	0.1005	71.64	87.28	9.7	4.09	2.85
27	7.6	0.07	0.00	87.4	9.79	4.09	2.89
28	7.6	0.07	113.43	87.4	9.79	4.1	2.9
29	6.2	0.07	92.54	87.52	9.86	4.1	2.91
30	7.9	0.07	107.19	87.64	9.97	4.1	2.96
31	7.7	0.08	0.00	87.64	9.97	4.1	2.97
32	7.7	0.07	114.93	88.36	10.09	4.1	2.97
33	8.1	0.08	100.75	88.38	10.1	4.11	2.98
34	7.4	0.10	0.00	88.65	10.1	4.11	2.99
35	7	0.05	149.25	88.65	10.11	4.11	3.01
36	7.7	0.08	95.77	88.66	10.11	4.11	3.01
37	7.8	0.07	105.83	88.69	10.12	4.11	3.04
38	8.8	0.08	109.45	88.81	10.14	4.16	3.06
39	8	0.0402	199.00	88.81	10.17	4.17	3.1
40	7.4	0.0737	100.41	88.89	10.56	4.2	3.13

ตารางผนวกที่ 38 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
41	8.5	0.11	79.29	89.15	10.56	4.2	3.14
42	8.6	0.0871	98.74	89.33	10.57	4.2	3.15
43	8	0.05	170.58	89.33	10.72	4.26	3.17
44	9.2	0.09	98.08	89.34	10.85	4.26	3.18
45	7.3	0.0804	90.80	89.34	10.86	4.26	3.22
46	8.5	0.03	253.73	89.38	10.96	4.29	3.24
47	7.9	0.0536	147.39	89.39	10.99	4.29	3.28
48	8	0.09	91.85	89.39	11.04	4.29	3.34
49	6.8	0.1139	59.70	89.53	11.06	4.3	3.34
50	7.4	0.09	84.96	89.53	11.07	4.3	3.35
51	7.3	0.0871	83.81	89.71	11.09	4.32	3.37
52	6.6	0.0603	109.45	89.78	11.11	4.34	3.38
53	7.2	0.07	107.46	90.22	11.27	4.34	3.39
54	8.3	0.09	95.29	90.23	11.38	4.34	3.4
55	7.3	0.0938	77.83	90.26	11.39	4.34	3.4
56	6.8	0.06	112.77	90.44	11.45	4.4	3.44
57	6.8	0.06	112.77	90.53	11.45	4.4	3.44
58	7.9	0.0871	90.70	90.53	11.46	4.4	3.45
59	7.9	0.0871	90.70	90.83	11.56	4.41	3.45
60	6.9	0.05	128.73	90.99	11.6	4.43	3.5

ตารางผนวกที่ 38 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
61	6.9	0.05	128.73	91.63	11.62	4.44	3.5
62	5.8	0.0603	96.19	91.63	11.62	4.44	3.56
63	5.8	0.0603	96.19	92.32	11.79	4.45	3.56
64	8.3	0.0737	112.62	92.62	12.07	4.47	3.57
65	8.3	0.0737	112.62	92.62	12.14	4.47	3.57
66	8.8	0.0603	145.94	92.62	12.15	4.47	3.57
67	8.8	0.0603	145.94	92.64	12.21	4.47	3.57
68	7.6	0.09	87.26	92.96	12.21	4.5	3.59
69	7.6	0.09	87.26	92.96	12.28	4.5	3.59
70	7	0.0737	94.98	93.39	12.28	4.5	3.62
71	7	0.0737	94.98	93.51	12.3	4.5	3.62
72	7.5	0.09	86.11	93.63	12.36	4.5	3.63
73	7.5	0.09	86.11	94.13	12.41	4.5	3.63
74	7.5	0.04	186.57	94.27	12.43	4.5	3.67
75	7.5	0.04	186.57	94.4	12.49	4.53	3.67
76	8	0.08	99.50	94.4	12.54	4.53	3.68
77	8	0.08	99.50	95.07	12.61	4.53	3.68
78	7.6	0.0804	94.53	95.09	12.74	4.53	3.7
79	7.6	0.0804	94.53	95.59	12.81	4.53	3.7
80	7.1	0.1072	66.23	95.59	12.9	4.53	3.7

ตารางผนวกที่ 38 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Total Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
81	6.9	0.1072	66.23	91.63	11.62	4.44	3.5
82	5.8	0.07	107.19	91.63	11.62	4.44	3.56
83	5.8	0.07	107.19	92.32	11.79	4.45	3.56
84	8.3	0.06	142.62	92.62	12.07	4.47	3.57
85	8.3	0.06	142.62	92.62	12.14	4.47	3.57
86	8.8	0.05	154.85	92.62	12.15	4.47	3.57
87	8.8	0.05	154.85	92.64	12.21	4.47	3.57
88	7.6	0.0938	84.22	92.96	12.21	4.5	3.59
89	7.6	0.0938	84.22	92.96	12.28	4.5	3.59
90	7	0.0737	109.91	93.39	12.28	4.5	3.62
91	7	0.0737	109.91	93.51	12.3	4.5	3.62
92	7.5	0.04	191.54	93.63	12.36	4.5	3.63
93	7.5	0.04	191.54	94.13	12.41	4.5	3.63
94	7.5	0.0804	87.06	94.27	12.43	4.5	3.67
95	7.5	0.0804	87.06	94.4	12.49	4.53	3.67
96	8	0.0871	94.14	94.4	12.54	4.53	3.68
97	8	0.0871	94.14	95.07	12.61	4.53	3.68
98	7.6	0.0938	76.76	95.09	12.74	4.53	3.7
99	7.6	0.0938	76.76	95.59	12.81	4.53	3.7
100	7.1	0.09	89.55	95.59	12.9	4.53	3.7

ตารางผนวกที่ 39 สมบัติสรีรวิทยาของผลมะพร้าวอ่อนเนื้อสองชั้น (ตอนที่ 2)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
1	7.8	0.09	89.55	101.28	15.65	4.67	3.82
2	8.4	0.0603	139.30	102.19	15.82	4.67	3.85
3	8.4	0.0603	139.30	102.19	16.06	4.7	3.85
4	8.4	0.067	125.37	102.83	16.18	4.7	3.88
5	8.4	0.067	125.37	104.47	16.18	4.72	3.88
6	7.7	0.0804	95.77	104.47	16.88	4.72	3.89
7	7.7	0.0804	95.77	104.48	16.94	4.72	3.89
8	7.2	0.0938	76.76	105.51	17.17	4.73	3.94
9	7.2	0.0938	76.76	106.79	17.26	4.73	3.94
10	7.6	0.0804	94.53	106.91	17.26	4.75	3.96
11	8.7	0.05	162.31	106.98	17.36	4.75	3.96
12	6.3	0.06	104.48	107.46	17.59	4.75	3.97
13	7.2	0.0938	76.76	107.57	17.59	4.76	3.98
14	7.5	0.03	223.88	107.76	17.59	4.77	3.99
15	7.8	0.07	105.83	108.52	17.59	4.78	4
16	7.3	0.07	108.96	108.52	17.59	4.78	4.01
17	7.2	0.0871	82.66	108.78	17.82	4.78	4.02
18	7.9	0.08	98.26	108.85	17.83	4.8	4.04
19	7	0.0804	87.06	109.46	17.99	4.85	4.04
20	7.7	0.0737	104.48	109.46	18.04	4.85	4.13

ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
21	8.2	0.1005	81.59	109.46	18.04	4.86	4.14
22	8	0.03	238.81	109.46	18.24	4.87	4.15
23	7.6	0.0871	87.26	110.29	18.24	4.88	4.19
24	7.5	0.09	86.11	110.38	18.66	4.88	4.19
25	7.7	0.09	88.40	110.63	18.68	4.88	4.24
26	7.8	0.06	129.35	110.63	18.8	4.9	4.24
27	6.9	0.07	102.99	111.23	18.8	4.9	4.25
28	7.2	0.0871	82.66	111.23	18.8	4.9	4.27
29	6.7	0.0871	76.92	111.45	18.8	4.92	4.28
30	7.4	0.06	122.72	111.49	19.02	4.92	4.28
31	7.7	0.07	114.93	111.51	19.25	4.92	4.34
32	7.1	0.0871	81.52	112.65	19.37	4.92	4.38
33	8	0.067	119.40	112.65	19.53	4.92	4.38
34	7.7	0.0871	88.40	113.19	19.63	4.93	4.41
35	8	0.07	119.40	113.78	19.97	4.93	4.42
36	8	0.07	119.40	113.78	19.97	4.94	4.43
37	7.9	0.1072	73.69	113.93	19.97	4.94	4.44
38	7.2	0.09	82.66	113.93	20.2	4.96	4.45
39	7	0.0871	80.37	114.61	20.29	4.99	4.49
40	7.5	0.1005	74.63	114.63	20.29	4.99	4.49

ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Totratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
41	8.6	0.05	160.45	115.08	20.62	5.07	4.58
42	7.1	0.0335	211.94	115.61	20.62	5.07	4.63
43	7.5	0.07	111.94	115.99	20.91	5.08	4.66
44	6.8	0.0804	84.58	115.99	20.91	5.08	4.69
45	6.8	0.0804	84.58	117.96	20.94	5.08	4.69
46	7.2	0.05	153.52	119.2	20.94	5.08	4.69
47	7.2	0.05	153.52	119.2	21.23	5.08	4.69
48	8.3	0.07	123.88	121.49	21.59	5.11	4.72
49	8.3	0.07	123.88	121.84	21.59	5.12	4.72
50	8.3	0.07	123.88	122.67	21.84	5.12	4.72
51	7.3	0.1206	60.53	122.67	21.86	5.12	4.82
52	7.3	0.1206	60.53	122.67	22.11	5.12	4.82
53	7.3	0.1206	60.53	127.74	22.46	5.12	4.82
54	7.3	0.1206	60.53	129.22	22.49	5.12	4.82
55	7.6	0.1206	63.02	129.22	22.8	5.21	4.85
56	7.6	0.1206	63.02	129.31	22.8	5.21	4.85
57	7.6	0.1206	63.02	129.45	22.8	5.21	4.85
58	7.6	0.1206	63.02	131.84	22.8	5.24	4.85
59	7	0.03	208.96	131.84	22.8	5.24	4.86
60	7	0.03	208.96	133.07	23.09	5.37	4.86

ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
61	7.4	0.0938	78.89	133.07	23.09	5.37	4.89
62	7.4	0.0938	78.89	133.07	23.78	5.38	4.89
63	7.4	0.0938	78.89	133.43	23.78	5.38	4.89
64	7.6	0.05	162.05	134.9	24.42	5.41	4.96
65	7.6	0.05	162.05	134.9	24.42	5.43	4.96
66	7.6	0.05	162.05	134.9	24.42	5.43	4.96
67	8	0.05	170.58	139.73	24.6	5.51	5.09
68	8	0.05	170.58	145.73	25.29	5.51	5.09
69	8	0.05	170.58	145.73	25.41	5.55	5.09
70	6.4	0.05	136.46	145.73	25.5	5.55	5.09
71	6.4	0.05	136.46	145.73	25.5	5.57	5.09
72	6.4	0.05	136.46	145.78	25.54	5.57	5.09
73	7	0.0938	74.63	146.66	25.84	5.62	5.18
74	7	0.0938	74.63	146.66	25.84	5.62	5.18
75	7	0.0938	74.63	146.66	26.28	5.76	5.18
76	7	0.0938	74.63	146.66	29.72	5.76	5.18
77	7	0.0938	74.63	147.72	33.76	5.77	5.18
78	6.3	0.06	104.48	147.72	33.76	5.82	5.25
79	6.3	0.06	104.48	147.72	33.76	5.82	5.25
80	6.3	0.06	104.48	149.05	33.76	5.82	5.25

ตารางผนวกที่ 39 (ต่อ)

No.	Total Soluble Solids, TSS (°Brix)	Titratable Acidity, TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Wet Flesh Weight, FW (g)	Dry Flesh Weight, DW (g)	Endocarp Thickness, ST (mm)	Exocarp Thickness, FT (mm)
81	6.3	0.06	104.48	149.05	33.76	5.82	5.25
82	6.3	0.06	104.48	149.3	33.88	5.92	5.25
83	6.9	0.0938	73.56	149.3	33.88	5.92	5.29
84	6.9	0.0938	73.56	149.3	33.88	5.92	5.29
85	6.9	0.0938	73.56	149.3	35.97	5.96	5.29
86	6.9	0.0938	73.56	149.3	38.93	5.96	5.29
87	6	0.06	99.50	149.92	38.93	6.1	5.37
88	6	0.06	99.50	152.81	40.93	6.17	5.37
89	6	0.06	99.50	152.81	40.93	6.17	5.37
90	6.1	0.05	113.81	152.81	41.34	6.17	5.45
91	6.1	0.05	113.81	152.81	41.34	6.17	5.45
92	6.8	0.07	101.49	152.81	41.34	6.31	5.57
93	6.8	0.07	101.49	162.14	50.95	6.31	5.57
94	5.8	0.0536	108.21	162.14	50.95	6.31	5.84
95	5.9	0.07	88.06	164.55	50.95	6.31	5.97
96	5.9	0.07	88.06	164.55	54.04	6.39	5.97
97	5.9	0.07	88.06	164.55	54.04	6.39	5.97
98	6.3	0.07	94.03	176.46	54.04	6.39	6.57
99	6.3	0.07	94.03	176.46	73.5	6.39	6.57
100	6.3	0.07	94.03	176.46	73.5	6.39	6.57

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายทรงธรรม ไชยพงษ์
เกิดวันที่	4 สิงหาคม 2518
สถานที่เกิด	จันทบุรี
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (ADB) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2547)