



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อนเพื่อการคัดเลือกคุณภาพ
 Application of Physical Properties of Young Coconut
 For Quality Selection
 โดย

นางสาวสุวิมล โชคชัยสวัสดิ์
 นางสาวอดิศรา เรืองจิระชูพร

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 21 3 37 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
 (ดร. กิตติชัย บรรจง)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
 (*Handwritten signature*)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ เดือน พ.ศ. 37

ร.พ.
 8827
 1536

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อนเพื่อการคัดเลือกคุณภาพ

Application of Physical Properties of Young Coconut

For Quality Selection

นางสาวสุวิมล โชคชัยสวัสดิ์

นางสาวอดิศรา เรืองจิระชูพร



T096877

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปพ.

พ.ศ. 2537

ส ๙๖๒ ก

๒๕๓๗

ดชทพ.....

เลขทะเบียน.....**96877**

วันเดือนปี..... - 5 JUN 2009

สุวิมล โชคชัยสวัสดิ์ และ อติศรา เรื่อง จีระชูพร. 2537. : การประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อนเพื่อการคัดเลือกคุณภาพ (Application of Physical Properties of Young Coconut for Quality Selection). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง, 88 หน้า.

เมื่อศึกษามะพร้าวจำนวน 163 ผล โดยวัดคุณสมบัติต่างๆ ที่เป็นตัวแปรที่ใช้เป็นหลักในการพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ ความหนาของเนื้อมะพร้าว (x), ความแข็งของเนื้อมะพร้าว (H), ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว (pH), เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของน้ำมะพร้าว (Ac), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และ คุณสมบัติการยอมมาให้แสงผ่านของน้ำมะพร้าว (OD) พบว่า คุณสมบัติที่ใช้เป็นดัชนีให้คุณภาพของมะพร้าวได้ดี โดยพิจารณาจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความหนาของเนื้อมะพร้าว, ความแข็งของเนื้อมะพร้าว, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว และ เปอร์เซ็นต์กรดในน้ำมะพร้าว โดยมีคะแนนการยอมรับสูงสุดที่ ความหนา เท่ากับ 0.55 cm, ความแข็งเท่ากับ 1.4 kg, ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.4 และ เปอร์เซ็นต์กรดในน้ำมะพร้าวเท่ากับ 0.029 % และเมื่อวัดคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถทำได้โดยไม่ทำลายตัวอย่าง ได้แก่ การวัดขนาด (GMD), รูปทรง (Sp), มวล (m), ความหนาแน่น (ρ_c) และ ปริมาตร (V) พบว่าความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว, ความหนาของเนื้อมะพร้าว และ ความแข็งของเนื้อมะพร้าว โดยเขียนเป็นรูปสมการเพื่อใช้คำนวณคุณภาพได้ ดังนี้

$$pH = 6.99 - 2.07 \rho_c, \quad x = 1.740 - 1.41 \rho_c, \quad H = 9.15 - 9.50 \rho_c$$

และผลของการคำนวณด้วยสมการ โดยทดสอบกับมะพร้าว 18 ผล ได้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ของ pH เท่ากับ 0.24, ความหนาของเนื้อมะพร้าว เท่ากับ 0.03 cm และความแข็งของเนื้อมะพร้าว เท่ากับ 0.09 kg เมื่อคำนวณค่าความหนาแน่นของผลมะพร้าวจากสมการทั้งสามเพื่อนำมาใช้คัดเลือกคุณภาพ พบว่ามีค่าระหว่าง 0.78-0.85 g/cm³

สุวิมล โชคชัยสวัสดิ์
อติศรา เรื่อง จีระชูพร

Shalee

21/3/37

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

การทําปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าต้องกราบ
 ขอบพระคุณอาจารย์ กิตติชัย บรรจง ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำแนะนำตลอดจน
 ช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทําปัญหาพิเศษ และขอกราบขอบพระคุณ ผศ. วรรณ
 ตั้งเจริญชัย อาจารย์วิไล สนธิเพิ่มพูน อาจารย์รวิวิมล จวีสุข ผศ. ยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิษฐ์
 ที่กรุณาให้คำปรึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดต่างๆ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชา
 อุตสาหกรรมเกษตร ทุกคนที่ช่วยให้กำลังใจมาตลอด

และท้ายที่สุด ขอขอบคุณภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร และเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่านที่ช่วย
 ให้ความสะดวกในการจัดทําปัญหาพิเศษครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารบริษัท	3
3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	16
4. ผลการทดลอง	37
4.1 การวิเคราะห์คะแนนความชอบโดยรวมกับกลุ่มตัวแปรที่เข้าหลักใน การยอมรับของผู้บริโภค	38
4.2 การวิเคราะห์คะแนนความชอบโดยรวมกับกลุ่มตัวแปรที่เข้าในการคัด เลือกคุณภาพ	40
4.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในกลุ่มที่ใช้เป็นหลัก ในการ ยอมรับของผู้บริโภคและตัวแปรในกลุ่มเพื่อใช้ในการคัดเลือกคุณภาพ	41
4.4 สมการความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับคุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน	47
5. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	49
5.1 สรุปผลการทดลอง	49
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	50
เอกสารอ้างอิง	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก	57
ก. การเตรียมสารเคมีในการวัดคุณสมบัติของมะพร้าวอ่อน	58
ข. แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	59
ค. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมโลตัส	60
ง. การวิเคราะห์คะแนนความชอบโดยรวมกับกลุ่มตัวแปรต่างๆ	75
จ. การวิเคราะห์ความผิดพลาดของสมการความสัมพันธ์	82
ฉ. กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณขององค์ประกอบโดยประมาณในเนื้อมะพร้าวอ่อน	5
2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติอื่น ๆ ที่มีในเนื้อมะพร้าวอ่อน	6
2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผักและผลไม้โดยการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางแสง และคุณสมบัติทางเสียง	12
4.1 แสดงแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวแปรหลัก	39
4.2 แสดงแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวแปรที่ใช้คัดเลือกคุณภาพ	40
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงมิติของสเกลสีในระบบ L a b	11
3.1	แสดงภาพฉายของผลมะพร้าวในแนวนอน และแนวตั้ง	17
3.2	เครื่องมือในการวัดความหนาแน่น	19
3.3	แสดงการชั่งน้ำหนักตัวอย่างในน้ำ	21
3.4	แสดงการชั่งน้ำหนักมะพร้าวในอากาศ	22
3.5	แสดงการชั่งน้ำหนักมะพร้าวในน้ำ	23
3.6	แสดงแนวการหมุนตามแนวนอนของมะพร้าว	24
3.7	แสดงเครื่องมือในการทดสอบเสียง	26
3.8	แสดงการตกกระทบระหว่างลูกเหล็กกับมะพร้าว	27
3.9	แสดงการเทียบสีของเปลือกมะพร้าวโดยใช้ Munsell color chart	28
3.10	แสดงการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวัด	29
3.11	แสดงส่วนของมะพร้าวที่ใช้ในการวัดความหนา	30
3.12	แสดงรูป KMITL Food Texture Measuring Instrument	31
3.13	แสดงขั้นตอนเริ่มแรกของการวัดความต้านทานแรงตัด	33
3.14	แสดงช่วงที่แผ่นเหล็กเริ่มตัดขึ้นเนื้อ	34
3.15	แสดงขั้นตอนหลังจากการตัดขึ้นมะพร้าว	34
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าวกับความเป็น กรด-ด่างในน้ำมะพร้าว	44
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าวกับความหนา ของเนื้อมะพร้าว	45
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าวกับความแข็ง ของเนื้อมะพร้าว	47

บทที่ 1

บทนำ

มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากเป็นผลไม้สดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือในน้ำมะพร้าวจะประกอบด้วยน้ำตาลและวิตามิน บี คอมเพล็กซ์ ส่วนในเนื้อมะพร้าวจะมีสารจากพวกคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุต่างๆ

ในปัจจุบันมะพร้าวอ่อนเป็นสินค้าส่งออกทางการเกษตรที่สามารถขายได้เข้าสู่ประเทศมูลค่าหลายล้านบาท เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นกว่าผลไม้ชนิดอื่นในด้านการเก็บเกี่ยวและขนส่งในระยะไกล เพราะมีเปลือกแข็งและหนา จึงสามารถป้องกันการกระทบกระแทกได้ดี ตลาดของมะพร้าวอ่อนมีทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตลาดต่างประเทศส่วนใหญ่ได้แก่ ตลาดแถบทวีปเอเชีย และตลาดแถบทวีปยุโรป พันธุ์ที่นิยมเพื่อการค้าและส่งออกคือ พันธุ์น้ำหอม (น้ำมีกลิ่นหอมแต่ไม่หวานจัด) และพันธุ์หมูสี (น้ำไม่หอมแต่หวานจัด) ถึงแม้ว่าในระยะหลังนี้ตลาดจะมีการแข่งขันค่อนข้างสูงเนื่องจากมีผู้ผลิตมากขึ้น แต่แนวโน้มของการส่งมะพร้าวอ่อนไปจำหน่ายยังต่างประเทศของไทยก็ยังมีอยู่ทางแอมสแตร์ แต่ปัจจัยที่เป็นปัญหาสำคัญต่อการส่งออกคือ ปัญหาด้านคุณภาพของมะพร้าวอ่อนที่ไม่สม่ำเสมอในการส่งออกแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงควรหาวิธีการคัดเลือกมะพร้าวอ่อนให้มีคุณภาพสม่ำเสมอหรือใกล้เคียงกัน

แนวทางการคัดเลือกมะพร้าวอ่อนให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการนั้น จะต้องศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของมะพร้าวอ่อน เพื่อที่จะสามารถคาดคะเนลักษณะภายในของผลมะพร้าวได้ โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพเป็นดัชนีในการชี้คุณภาพ ซึ่งวิธีนี้นอกจากจะทำให้สามารถคัดเลือกคุณภาพของมะพร้าวอ่อนในช่วงที่ต้องการได้แล้ว ยังไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลมะพร้าวอีกด้วย โดยทั่วไปแล้วการใช้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นดัชนีชี้คุณภาพนั้น มักจะใช้การดูสีของเปลือกมะพร้าว ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้ความ

ชำนาญและประสบการณ์ที่สูงพอสมควร และยังอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้พยายามหาแนวทางการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อน เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพอย่างง่าย ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ของการทำปัญหาพิเศษ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของมะพร้าวอ่อนกับการยอมรับของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการคัดเลือกคุณภาพของมะพร้าวอ่อนให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการ โดยไม่ทำให้ผลมะพร้าวเกิดตำหนิหรือเสียหาย

วารสารปริทัศน์

2.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชในตระกูลปาล์มชนิดหนึ่งที่อยู่ใน Family Palmaceae โดยมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. ซึ่งแบ่งออกเป็นเผ่า (Tribe) ต่างๆ 6-8 เผ่า ใน Tribe Cocoidaea มีสกุล (Genus) ต่างๆ ประมาณ 27 สกุล แต่เดิมสกุล *Cocos* ประกอบด้วยพืชชนิดต่างๆ 54 ชนิด แต่ในปัจจุบันทุกชนิดนอกจากมะพร้าว ถูกจัดให้อยู่ในสกุลใหม่ ได้แก่ *Arecastrum*, *Butia* และ *Syagrus* (Child, 1974) ตามประวัติเชื่อว่าพืชชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่บริเวณแหลมมลายูจนถึงปาปัวนิวกินี มีหลักฐานการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของมะพร้าวในประเทศนิวซีแลนด์และอินเดีย นอกจากนี้ยังมีข้อพิสูจน์อย่างอื่นอีกที่เชื่อว่ามะพร้าวมีถิ่นกำเนิดอยู่ในอาณานิคมนี้ ส่วนในปัจจุบันการปลูกมะพร้าวเพื่อเป็นการค้ากระทำการในประเทศริมฝั่งทะเลแถบเอเชียและตามหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิกมากที่สุด

2.1.1 สัณฐานวิทยา (Morphology) ของมะพร้าว

โดยทั่วไปแล้วมะพร้าวจะมีลักษณะดังนี้

2.1.1.1 ลำต้น (stem) จะมีลักษณะสูงชลาด แต่จะไม่ตรงทีเดียว มักจะโค้งงอเล็กน้อย ความสูงของลำต้นมะพร้าวจะต่างไปตามพันธุ์ คือ 8-10 เมตร (พันธุ์เตี้ย) จนถึง 15-20 เมตร (พันธุ์สูง) (จันทนา, 2512)

2.1.1.2 ใบ (leaf) เป็นใบรวมแบบขนนก (feather leaf) ประกอบด้วยก้านใบ (rachis) และใบย่อย (leaflet) จำนวนมากคือประมาณ 200-300 ใบ และจะออกเป็นคู่มีความยาวประมาณ 4.5-6.0 เมตร ใบอ่อนจะเกิดขึ้นจากบริเวณกลางลำต้น มีลักษณะเรียวยาวคล้ายดาบ และมีกาบใบหุ้มอยู่ในระยะที่ยังอ่อน เมื่ออายุมากขึ้นใบย่อยจะเกิดการแผ่ขยายใหญ่ขึ้น ทำให้ใบค่อยๆ เอนออกจากใจกลางต้นและโน้มต่ำลงเรื่อยๆ ตามอายุ

2.1.1.3 ราก (root) มะพร้าวไม่มีระบบรากแก้ว แต่เป็นรากแบบ

adventitious root ซึ่งมีขนาดเท่าๆกัน มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรากประมาณ 1 เซนติเมตร เจริญออกจากโคนต้นตามแนวราบในระดับความลึกประมาณ 50-90 เซนติเมตร โดยเฉลี่ย มะพร้าวต้นหนึ่งจะมีรากประมาณ 2000-3000 เส้น งอกออกไปรอบทิศทาง รากส่วนใหญ่ของมะพร้าวเมื่อแรกเกิดจากรากต้นจะมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีแดงและสีน้ำตาลตามลำดับ

2.1.1.4 ช่อดอก (influrescence) ช่อดอกของมะพร้าวจะเกิดเหนือก้านใบที่ติดกับลำต้น โดยปกติเมื่อมะพร้าวมีอายุแก่พอที่จะออกดอกได้ จะเกิดช่อดอกจากมุมใบ (leaf axil) ดังนั้นอัตราการเกิดใบจึงเป็นตัวบ่งถึงปริมาณช่อดอกและผลผลิตของมะพร้าว ช่อดอกของมะพร้าวมีชื่อเรียกทางวิชาการว่า spadix หรือที่ชาวสวนเรียกว่า "จั่น" มีความยาว 0.75-2.00 เมตร เมื่อแรกเกิดจะมีกาบหุ้มแต่ต่อมากาบจะโค้งออก และค่อยๆแตกออกเพื่อเปิดช่อดอกให้เจริญขยายตัวออกไป ในช่อดอกจะประกอบด้วยดอกตัวผู้และดอกตัวเมียซึ่งโดยทั่วไปในจั่นหนึ่งๆจะมีดอกตัวผู้ตั้งแต่ 200-1000 ดอก ซึ่งจะบานและร่วงหมดใบก่อนที่ดอกตัวเมียจะบาน 2-3 วัน ดังนั้นการผสมพันธุ์ของมะพร้าว จึงมักจะเป็นการผสมข้ามต้นเสียเป็นส่วนใหญ่ แต่สำหรับมะพร้าวต้นเดี่ยวดอกตัวเมียจะบานในขณะที่ดอกตัวผู้ยังโรยไม่หมด ดังนั้นจึงมีโอกาสผสมภายในต้นเดียวกันได้มากกว่า

2.1.1.5 ผล (fruit) ผลมะพร้าวจะเป็นแบบ fibrous drup แต่นิยมเรียกว่า nut ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ exsocarp , mesocarp , endocarp (ณรงค์, 2530)

- ก. exsocarp คือเปลือก (ผิว) นอกสุดของผลมะพร้าว เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีต่างๆตั้งแต่เขียว, เหลือง, ส้ม, น้ำตาล, น้ำตาลแดง และสีงาช้าง
- ข. mesocarp คือเนื้อเยื่อทั้งหมดใต้ exsocarp จนถึงกะลา เมื่อผลแก่จะมีลักษณะเป็นเส้นใยและหยาบ ทนประมาณ 2-15 cm. (แล้วแต่พันธุ์)
- ค. endocarp คือกะลา ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่แข็งที่สุดของมะพร้าว มีรูปร่างกลม แต่มีเส้นแบ่งให้เห็นเป็น 3 ส่วนอย่างชัดเจน ที่หัวมีตา 3 ตา แต่เป็นตาบอดเสีย 2 ตา

2.1.1.6 เมล็ด (seed) คือส่วนของผลทั้งหมดที่อยู่ในกะลา นับตั้งแต่ seed coat (แผ่นเยื่อบางๆแต่แข็ง) เข้าไปถึง solid endosperm และ liquid endosperm (เนื้อและน้ำมะพร้าว) เมื่อผลยังอ่อนเนื้อมะพร้าวจะมีลักษณะบาง อ่อนนุ่ม และน้ำจะมีรสหวาน แต่เมื่อแก่จะมีเนื้อหนา แข็ง และมีน้ำมันสะสมอยู่มาก

2.1.2 องค์ประกอบในน้ำและเนื้อมะพร้าว (Philippine Coconut Authority, 1979)

2.1.2.1 องค์ประกอบในเนื้อมะพร้าว

ตารางที่ 2.1 ปริมาณขององค์ประกอบโดยประมาณในเนื้อมะพร้าวอ่อน

Constituent	Green		Mature
	Soft	Firm	
	Percent (Wet Basis)		Percent (Wet Basis)
Moisture	92.80	82.27	14.1
Protein (Nx6.25)	0.725	0.7	5.7
Fat	1.02	2.67	50.6
Carbohydrate	2.98	2.66	27.9
Ash	0.715	0.566	1.7
Ca			0.024
P			0.074

ที่มา : Miller, C. D. (1929)

2.1.2.2 องค์ประกอบในน้ำมะพร้าว

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำมะพร้าว

CONSTITUENT	a	b
	Percent	
Water	95.5	
Nitrogen	0.05	
Phosphoric acid	0.56	
Potassium	6.60	
Calcium oxide	0.69	
Magnesium oxide	0.59	
Total solids	4.71	
Reducing sugars	0.80	
Total sugars	2.08	2.56
Ash	0.62	0.46
Chloride		0.17
Acidity, as acetic acid		0.1

ที่มา : a Pandalai, K. (1970)

b Balce, S. (1956)

2.2 มะพร้าวน้ำหอม

มะพร้าวน้ำหอมเป็นมะพร้าวต้นเตี้ยที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างไปจากมะพร้าวอื่นๆในกลุ่มมะพร้าวต้นเตี้ยด้วยกันคือ นอกจากจะมีน้ำที่มีรสหวานแล้วยังมีกลิ่นหอมอ่อนๆคล้ายใบเตยอีกด้วย สาเหตุที่มะพร้าวน้ำหอมมีคุณสมบัตินี้ เนื่องจาก มีการบานของดอกตัวผู้และดอกตัวเมียที่อยู่ในระยะเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดการผสมพันธุ์ในตัวเองขึ้นแทนที่จะเป็นการผสมแบบข้ามต้นเหมือนมะพร้าวทั่วไป และทำให้มะพร้าวน้ำหอมไม่ค่อยมีการกลายพันธุ์ และคงคุณลักษณะความเป็นน้ำหอมเอาไว้ได้ค่อนข้างดี ในปัจจุบันนี้การปลูกมะพร้าวน้ำหอมของประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่จะปลูกกันจริงจริงใน 4 จังหวัด คือ นครปฐม สมุทรสงคราม อ่างทอง และสมุทรสาครนอกนั้นก็จะมีปลูกกันประปรายทั่วไป (เกษตรวันนี้, 2529)

มะพร้าวน้ำหอมจัดเป็นมะพร้าวพันธุ์หนึ่ง แต่ในพันธุ์น้ำหอมด้วยกันเองนั้นยังสามารถแยกได้อีก 3 ชนิด ซึ่งมีลักษณะและขนาดของผลแตกต่างกัน ส่วนด้านความหวานและความหอมของน้ำนั้นมีรสชาติและกลิ่นใกล้เคียงกัน มะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 ชนิดนั้น ได้แก่

2.2.1 มะพร้าวน้ำหอมชนิดผลยาวหรือผลเล็ก มะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้มีขนาดผลค่อนข้างเล็ก ลักษณะผลยาวรี หัวแหลมท้ายแหลม ทรงผลไม่สวยงาม

2.2.2 มะพร้าวน้ำหอมชนิดผลกลม มะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้มีขนาดผลใหญ่ที่สุดในบรรดามะพร้าวน้ำหอมด้วยกัน คือใหญ่ทั้งขนาดภายนอกและขนาดภายใน มะพร้าวชนิดนี้มีผลกลมและมีเปลือกบางกว่ามะพร้าวชนิดอื่น

2.2.3 มะพร้าวน้ำหอมชนิดผลรีหรือชนิดกันจีบ เป็นมะพร้าวน้ำหอมที่มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างมะพร้าวผลยาวกับชนิดผลกลม ขนาดของมะพร้าวน้ำหอมชนิดกันจีบมีขนาดใหญ่พอสมควร ถึงแม้ว่าจะไม่ใหญ่เท่าพันธุ์ลูกผสมก็ตาม

2.3 การเก็บเกี่ยว (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2512)

การเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมให้ได้ผลอ่อนขนาดพอเหมาะ คือไม่อ่อนหรือแก่เกินไปนั้นเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ ในการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

2.3.1 มะพร้าวชั้นเดียว หมายถึงมะพร้าวน้ำหอมที่เริ่มมีเนื้อบ้างเล็กน้อย การเกิดของเนื้อมะพร้าวจะเกิดจากบริเวณก้นผลก่อนแล้วจะหนาไปเรื่อยๆจนถึงหัวผล เนื้อมะพร้าวจะบาง

มาก อาจมีลักษณะเป็นวันเพียงเล็กน้อย มะพร้าวชนิดนี้เวลาเปิดส่วนกัน แล้วมองลงไปตรงๆ ที่ส่วนหัวของมะพร้าว จะยังคงมองเห็นกะลาสีเหลืองอ่อนได้อย่างชัดเจนและมีเนื้อบางๆ ติดอยู่เพียงครึ่งผลเท่านั้น ถือว่าเป็นมะพร้าวที่อ่อนเกินไปยังไม่ควรเก็บเกี่ยว

2.3.2 มะพร้าวชั้นครึ่ง เป็นมะพร้าวอ่อนที่มีเนื้อมากขึ้นจนเกือบจะเต็มผล เมื่อตัดที่ก้นผลและมองจากรอยตัดลงไปตรงๆ จะเห็นกะลาบริเวณหัวผลเพียงเล็กน้อย เป็นวงขนาดเหรียญบาทเนื่องจากบริเวณหัวผลยังมีเนื้อบางมาก มะพร้าวชนิดนี้ยังถือว่าอ่อนแต่สามารถนำไปบริโภคได้แล้ว

2.3.3 มะพร้าวสองชั้น เป็นมะพร้าวน้ำหอมที่มีเนื้อเต็มผลแล้ว แต่ยังไม่แก่จนเกินไปหรือยังไม่แก่จนเนื้อภายในผลแข็ง ถ้าตัดมะพร้าวที่ก้นผลเมื่อมองลงไปตามรอยตัดจะเห็นเนื้อมะพร้าวอยู่เต็ม มองไม่เห็นกะลามะพร้าวในชั้นนี้ถือว่ามีความเหมาะสมในการที่จะส่งจำหน่าย

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของชีวีสคูล

คุณสมบัติทางกายภาพของชีวีสคูลจัดเป็นคุณสมบัติประเภทหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบเครื่องมือ , กระบวนการดำเนินการและปัจจัยที่ต้องควบคุมในการดำเนินงาน, รวมทั้งต้องนำมาใช้พิจารณาในการวิเคราะห์ และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและกระบวนการ (Mohsenin, 1980) อีกทั้งยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคเห็นได้อย่างชัดเจน

ในยุคที่เทคโนโลยียังไม่ก้าวหน้า การที่จะทราบถึงคุณภาพภายในของชีวีสคูลได้นั้น จะต้องวิเคราะห์โดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่ต้องทำลายตัวอย่างที่ทดสอบ แต่เมื่อเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าขึ้นและมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของชีวีสคูล โดยการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพในการคาดคะเนคุณภาพภายในของชีวีสคูล พบว่า วิธีนี้นอกจากจะให้ผลถูกต้องในระดับที่น่าพอใจแล้วยังเป็นวิธีที่ไม่ต้องทำลายตัวอย่างอีกด้วย

คุณสมบัติทางกายภาพของชีวีสคูลที่นิยมใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของชีวีสคูลได้แก่ ขนาด (size) รูปร่าง (shape) ปริมาตร (volume) ความหนาแน่น (density) สี (color) คุณสมบัติทางเสียง (Acoustic Properties) และคุณสมบัติทางแสง (Optical properties)

2.4.1 ขนาด

การอธิบายขนาดของชีวีสคูลสามารถทำได้โดยใช้ 3-axial dimension คือ การ

วัดขนาดของซีวีวีส์ดูใน 3 ด้านจากภาพถ่าย ได้แก่ ด้านที่ยาวที่สุดของซีวีวีส์ดูเมื่อวางอย่างอิสระ (major axis, a), ด้านที่ตั้งฉากกับด้านที่ยาวที่สุดในระนาบเดียวกัน (intermediate axis, b) และด้านที่ตั้งฉากกับด้านทั้ง 2 ของซีวีวีส์ดู (minor axis, c) ซึ่งด้านทั้ง 3 ด้านที่วัดได้นี้จะสามารถใช้ในการบ่งบอกถึงขนาดและรูปร่างของซีวีวีส์ดูได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับรูปทรงของซีวีวีส์ดูว่าควรจะอธิบายรูปร่างและขนาดด้วยวิธีใด จึงจะทำให้เข้าใจลักษณะของซีวีวีส์ดูนั้นๆ ได้ใกล้เคียงความจริงที่สุด ขนาดของซีวีวีส์ดูสามารถอธิบายได้ดังนี้

ก. Mean Particle Size คือ ความยาวเฉลี่ยของด้านทั้ง 3 ด้านจาก 3-axial dimension

ข. Geometric Mean Diameter คือ รากที่สามของผลคูณของด้านทั้ง 3 ด้านจาก 3-axial dimension

2.4.2 รูปร่าง

การอธิบายรูปร่างของซีวีวีส์ดูนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

ก. Roundness คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่คำนวณจากด้านที่ยาวที่สุดของซีวีวีส์ดูต่อพื้นที่ของวงกลมที่เล็กที่สุดที่สามารถล้อมรอบซีวีวีส์ดูนั้นได้ หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าซีวีวีส์ดูนั้นมีความกลมมาก

ข. Roundness ratio คือ อัตราส่วนระหว่างรัศมีของวงกลมจากมุมที่แหลมที่สุดของซีวีวีส์ดู ต่อ รัศมีวงกลมเฉลี่ยของวงกลมที่สามารถวางลงในซีวีวีส์ดูนั้นได้

ค. Sphericity คือ รากที่สามของอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของซีวีวีส์ดูต่อปริมาตรของวงกลมที่สามารถล้อมรอบซีวีวีส์ดูนั้นได้ หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ซีวีวีส์ดูนั้นมีลักษณะเข้าใกล้ทรงกลม

2.4.3 ปริมาตร

การวัดปริมาตรของซีวีวีส์ดูสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

ก. อธิบายด้วยรูปทรงทางเรขาคณิต โดยซีวีวีส์ดูมักมีรูปทรงคล้ายกับทรงกลมหรือทรงรี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- Prolate spheroid เป็นวงรีที่มีความสมมาตรเมื่อหมุนรอบตัวเองในแนวนอน (แกน X)

- Oblate spheroid เป็นวงรีที่มีความสามารถเมื่อหมุนรอบตัวเองในแนวตั้ง (แกน Y)

ข. อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร , มวล และความหนาแน่น ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้วิธีแทนที่น้ำในการคำนวณหาปริมาตร กล่าวคือ ปริมาตรจะเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่โดยชีววัสดุ ต่อ ความหนาแน่นของน้ำ

ค. คำนวณปริมาตรโดยใช้สมมูลของความถ่วงจำเพาะ วิธีนี้จะใช้เมื่อชีววัสดุมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ โดยในการแทนที่น้ำนั้นจะใช้วัสดุอื่นถ่วงร่วมกับชีววัสดุเพื่อให้ชีววัสดุนั้นสามารถจมน้ำได้ทั้งหมด และปริมาตรของชีววัสดุนั้นเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างผลต่างของน้ำหนักของชีววัสดุในอากาศกับในน้ำ ต่อ ความหนาแน่นของน้ำ

2.4.4 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของชีววัสดุนั้นสามารถหาได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น, มวล และ ปริมาตรของชีววัสดุ โดยทั่วไปแล้วในการหาความหนาแน่นของชีววัสดุนั้นสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักชีววัสดุในอากาศ และชั่งน้ำหนักของชีววัสดุในน้ำโดยให้จมน้ำ ซึ่งความหนาแน่นของชีววัสดุเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างผลคูณของน้ำหนักของชีววัสดุในอากาศ กับ ความถ่วงจำเพาะของน้ำ ต่อ น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยชีววัสดุ

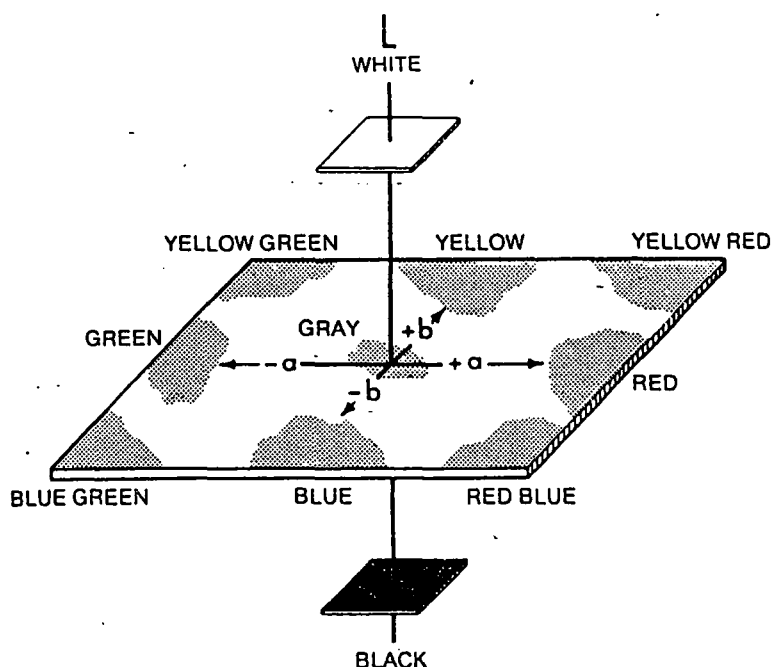
2.4.5 สี

สีเป็นคุณสมบัติทางด้านแสงอย่างหนึ่งของชีววัสดุที่มีความสำคัญต่อการบ่งชี้คุณภาพของชีววัสดุ เนื่องจากเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคนั้นเห็นเป็นสิ่งแรก และใช้เป็นปัจจัยในการตัดสินใจ นอกจากนั้นสียังมีอิทธิพลในการเห็นยวน้ำ กลไกในการรับรสของมนุษย์ด้วย มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของสีในอาหารกับการยอมรับของผู้บริโภค เช่น Czerkaskyj (1971) ศึกษาเกี่ยวกับสีในพืชบรรจุกระป๋อง, DuBose et al. (1980) ศึกษาเกี่ยวกับสีในนมเด็กและเครื่องดื่มปรุงแต่งกลิ่นรสผลไม้ เป็นต้น (Peleg and Bagley, 1983)

ระบบการเทียบสีของชีววัสดุนั้นสามารถทำได้โดย อิงหลักของกลไกในการเกิดแสงสี (Tri-Stimulus) ที่มนุษย์สามารถมองเห็นและแยกได้ ระบบเทียบสีที่ใช้เป็นสากลนั้นถูกกำหนดขึ้นโดย The International Committee on Illumination (CIE) ซึ่งกำหนดตัวเลขแทนระบบประสาทการรับแสงสีของมนุษย์โดยใช้ Spectrophotometric method ซึ่ง

เป็นการอธิบายสีโดยอ้างอิงระบบ Three dimensional color space และแทนด้วยสัญลักษณ์ X Y Z โดยที่ Y จะแทนค่าของความสว่าง (Reflectance หรือ value) X จะแทนค่าของเจดสี (Dominant wave length หรือ Hue) และ Z จะแทนความเข้มของสี (Purity หรือ Chrome)

เครื่องมือที่นิยมใช้ในการเทียบสีได้แก่ Hunter, Gardner หรือ Macbeth instrument โดยจะอธิบายในระบบสเกลสีตรงข้าม (ระบบ L a b) โดยมีมิติ L จะแทนความสว่าง มิติ a เป็นตัวแทนเจดสีในช่วง แดง-เขียว และมิติ b จะเป็นตัวแทนเจดสีในช่วง น้ำเงิน-เหลือง สเกลสีในมิติ a และ b นั้นจะมีค่าเป็นได้ทั้งบวก และลบ ซึ่งเป็นรหัสของแต่ละเจดสี ข้อมูลที่ได้จาก Spectrophotometer นี้จะสามารถแปลงกลับไปในระบบ CIE X,Y,Z ได้โดยใช้สมการในการคำนวณ มิติของสเกลสีในระบบ L a b แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงมิติของสเกลสีในระบบ L a b

2.4.6 คุณสมบัติทางเสียง และคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Acoustic Properties และ Electrical Properties)

การวิเคราะห์เสียงและคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นวิธีหนึ่งในการตรวจสอบคุณสมบัติ

ทางกายภาพของชีวิตสัตว์โดยไม่ทำให้เกิดตาหินหรือเสียหาย โดยใช้หลักการของความแตกต่างกันในช่วงกว้าง แม้ว่าจะเติบโตมาจากถิ่นเดียวกัน, มีวิธีการเก็บเกี่ยว, การเก็บรักษา และการขนส่งภายใต้สภาวะเดียวกันก็ตาม และความแตกต่างของคุณสมบัติภายในนี้เองที่ทำให้ชีวิตสัตว์มีการตอบสนองต่อเสียง ความถี่ และความยาวคลื่นที่แตกต่างกันเมื่อถูกทำให้เกิดการสั่น รวมทั้งจะมีการตอบสนองในด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันด้วยซึ่งคาดว่าวิธีนี้จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแน่นอน

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเสียง และคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับผักและผลไม้หลายอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผักและผลไม้โดยการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางแสงและคุณสมบัติทางเสียง

Technique	Fruit/Vegetable	References
Deformation/compression	Pear, grape, peach, tomato, onion, melon	Mehlschau et al. (1981); Bernstein and Lustig (1981); Perry (1977); Van Lancker et al. (1977); Kader et al. (1978); Funnell (1978); Aubert and Dumas de Vaulx (1977)
Acoustic impulse	Apple, watermelon	Garrett and Furry (1972); Yamamoto et al. (1981)
Resonance	Peach, apple, cantaloupe	Clark et al. (1973); Finney (1970); Cooke and Rand (1973)

ตาราง 2.3 (ต่อ)

Technique	Fruit/Vegetable	References
Ultrasound	Tomato, sweet corn, orange	Sarkar and Wolfe(1983)
Dielectric properties	Apple, peach, potato, watermelon, carrot, cantaloupe, cucumber, sweet potato	Nelson(1980;1983);Bellamy and Norris (1973)
X-ray	Lettuce, potato	Lenker and Adrian(1976): Finney(1973)
Fluorescence	Cantaloupe, avogado, kiwifruit	Gross and Ohad(1983)
Delayed light emission	Tomato	Forbus et al.(1985)
Reflected radiation	Apple, cherry, orange, persimmon, strawberry	Siligardi(1982);Csabaffy (1984);Chuma et al.(1980: 1981);Tyson and dull(1975); Scalliet(1973);Brach et al.(1982);Porteous et al. (1981);Moini and O'Brien (1981)
Transmitted radiation	Tomato, peach, papaya, onion	Nattuvetty and Chen(1980): Watada et al.(1976);Birth et al.(1984;1985)

ที่มา : Gerald G. Dull (1986)

รายละเอียดของแต่ละวิธีการนั้นจะกล่าวพอเป็นสังเขป ดังนี้

ก. Deformation-Compression

วิธีนี้เป็นการวัดความแข็งของเนื้อสัมผัสของผัก และผลไม้ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการสุกหรือคุณภาพของผัก และผลไม้ เนื่องจากโดยทั่วไปแล้ว แรงที่ต้องการที่จะทำให้เกิด Specific degree of deformation ในผลิตภัณฑ์นั้นจะมีความสัมพันธ์กับความสุกและคุณสมบัติในการแปรรูปของผักและผลไม้ต่างๆ

ข. Sound-Acoustic Impulse

วิธีนี้เป็นการใช้เสียงในการตัดสินคุณภาพของตัวอย่างโดยจะวิเคราะห์เสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือที่ใช้เคาะกระทบกับตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นเสียงที่สามารถตรวจรับได้โดยใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสม การแปลผลนั้นจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการสั่น เช่น ความถี่ธรรมชาติและ damping constant กับคุณสมบัติเชิงกลของตัวอย่าง

ค. Sound-Resonance Frequency

การประยุกต์ใช้เสียงในการวิเคราะห์คุณภาพอีกวิธีหนึ่งนั้น ได้แก่ การใช้ Resonance frequency หลักการคือ การใช้การสั่น ที่มีความถี่เฉพาะค่าหนึ่งกับตัวอย่างทดสอบ ตัวอย่างนั้นก็จะมีการตอบรับสัญญาณมากขึ้นจนเป็นความถี่ resonance ซึ่งจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละตัวอย่าง และมีความสัมพันธ์กับคุณภาพตัวอย่างนั้นๆ ได้แก่ ความแข็งเนื้อสัมผัส หรือความหนาแน่น เครื่องมือในการวิเคราะห์ความถี่ resonance จะใช้หลักการเดียวกันกับเครื่อง Scanning spectrophotometer

ง. Ultrasonics

พลังงานอุลตราซาวด์ มีความถี่สูงกว่า 17 KHz สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของผัก และผลไม้ ซึ่งผลไม้ที่นิยมใช้วิธีนี้ในการตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ ส้ม โดยสามารถวิเคราะห์ลักษณะผิวสัมผัสได้โดยการวัดการสะท้อนกลับของอุลตราซาวด์ และพบว่า มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจสอบรอยแตกบนผิวมะเขือเทศอีกด้วย

จ. Dielectric Properties

เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพและคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุ วิธีนี้ประยุกต์มาจากการวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์แห้ง เช่น เมล็ดข้าว แต่ในการวัด dielectric

constant และ dielectric loss factor ในผักและผลไม้ที่แช่ตู้เย็นและแช่แข็ง จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือที่ซับซ้อนมากมาย ได้มีการพัฒนาการวัดคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของตัวอย่างที่สามารถวัดเร็วขึ้นโดยใช้ความถี่ในช่วงที่สูงกว่า 0.025-3.000 GHz

ฉ. X-ray รังสีเอกซ์เป็นวิธีที่สามารถใช้ตรวจสอบตำหนิในผักและผลไม้ และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ขนาด และความหนาแน่นของหัวผักกาดขาวได้

ซ. Fluorescence การใช้ fluorescence spectrophotometry ที่อุณหภูมิต่ำ (77 K) จะสามารถวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของผลไม้ได้หลายชนิด ซึ่งใช้เป็นดัชนีในการชี้คุณภาพและความสุกของผลไม้ได้

บทที่ 3

ขั้นตอน และวิธีการทดลอง

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของมะพร้าวอ่อนนั้น ได้แยก
การทดลองออกเป็น 2 ส่วน

3.1 การทดสอบคุณสมบัติภายนอกของมะพร้าวอ่อน ได้แก่

3.1.1 การวัดขนาด

3.1.2 การวัดรูปทรง

3.1.3 การวัดความหนาแน่น

3.1.4 การวัดปริมาตร ทำได้ 2 วิธีคือ

3.1.4.1 การวัดปริมาตรจากความหนาแน่น

3.1.4.2 การวัดปริมาตรจาก Axial dimension

3.1.5 การทดสอบเสียง

3.1.6 การทดสอบสีของเปลือกมะพร้าว

3.2 การทดสอบคุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน

3.2.1 การวัดความเป็นกรดต่างของน้ำมะพร้าว

3.2.2 การวัดเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของน้ำมะพร้าว

3.2.3 การวัดปริมาตรของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำในน้ำมะพร้าว

3.2.4 การทดสอบคุณสมบัติการยอมรับให้แสงผ่านของน้ำมะพร้าว

3.2.5 การวัดความหนาแน่นของเนื้อมะพร้าว

3.2.6 การวัดความแข็งของเนื้อมะพร้าว

ซึ่งรายละเอียดต่างๆของวิธีการทดลองนั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 การทดสอบคุณสมบัติภายนอกของมะพร้าวอ่อน

3.1.1 การวัดขนาด

ขนาดของมะพร้าวจะแสดงด้วยค่า Geometric Mean Diameter(GMD)

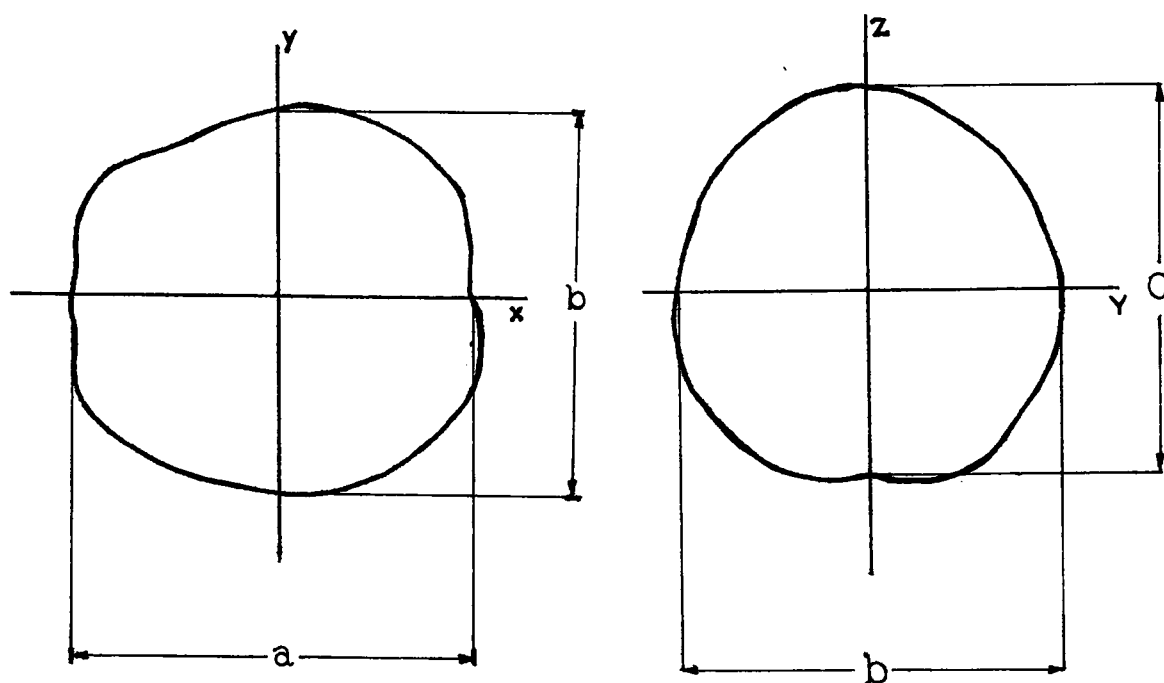
ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$GMD = (a \cdot b \cdot c)^{1/3} \quad \text{-----} \quad \text{สมการ 3.1}$$

เมื่อ a = ความยาวจริงของเส้นที่ลากจากหัวถึงก้นมะพร้าวโดยเป็นด้านที่ยาวที่สุด ,cm

b = ความยาวจริงของเส้นที่ลากตั้งฉากกับ a ตรงกึ่งกลางลูกนาระนาบเดียวกัน ,cm

c = ความยาวจริงของเส้นที่ลากให้ตั้งฉากกับทั้ง a และ b โดยวัดจากเงาฉายในแนวตั้ง ,cm



ภาพที่ 3.1 ภาพเงาฉายของผลมะพร้าวในแนวนอน และแนวตั้ง

การหาค่า a, b, c มีขั้นตอนการจัดตั้งต่อไปนี้

1. นำเครื่องฉายข้ามศีรษะ (Overhead Projector) มาฉายบนจอรับภาพ ซึ่งใช้กระดาษปรูฟขนาดประมาณ $40 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ ติดบนผนังเรียบ ปรับเงาของกรอบเครื่องฉายให้กรอบของภาพเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

2. นำชิ้นกระดาษขนาด $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ ติดไว้บริเวณกึ่งกลางเครื่องฉายภาพ จากนั้นปรับระยะชัดของภาพบนจอ จากนั้นลากเส้นตามขอบของภาพบนจอ

3. วัดระยะทางด้านใดด้านหนึ่งของภาพฉาย คำนวณอัตราส่วนขยายเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวจริงโดย

$$\text{อัตราส่วนขยายของภาพ} = \frac{\text{ความยาวของภาพฉาย, cm}}{\text{ความยาวของชิ้นกระดาษ, cm}}$$

4. นำมะพร้าววางบนเครื่องฉายภาพ ในแนวนอน และแนวตั้ง จากนั้นลากเส้นตามขอบภาพฉายของมะพร้าว จะได้ภาพฉายของมะพร้าวในแนวนอน และแนวตั้ง

5. วัด 3-axial dimension ได้แก่ ความยาวของ a b และ c ซึ่งแสดงในภาพที่ 3.1 และคำนวณความยาวจริงจากความยาวที่วัดได้ โดยการย่อขนาดตามอัตราส่วนขยายของภาพ

6. นำความยาวจริงที่วัดได้ไปคำนวณค่า GMD ตามสมการที่ 3.1

3.1.2 การวัดรูปทรง

รูปทรงของมะพร้าวสามารถคำนวณได้จากค่า sphericity ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงรูปทรงของวัตถุเมื่อเปรียบเทียบกับทรงกลมที่สามารถล้อมรอบวัตถุได้พอดี ซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$S_c = \frac{\text{GMD}}{a} \quad \text{สมการ 3.2}$$

เมื่อ S_c = ค่า sphericity

โดยปกติแล้ว ค่า sphericity ของวัตถุที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1

3.1.3 การวัดความหนาแน่น

ในการวัดความหนาแน่นของมะพร้าวนั้นจะใช้วิธีแทนที่มะพร้าวในน้ำ ซึ่งจะ

ต้องทำให้มะพร้าวจมน้ำทั้งผล แต่โดยทั่วไปแล้วมะพร้าวมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ดังนั้นจึงต้อง
ใช้น้ำหนักในการถ่วงมะพร้าวให้จมน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความหนาแน่น แสดงดังภาพ 3.2

เครื่องมือในการวัดความหนาแน่นของมะพร้าวประกอบด้วย ตาชั่งขนาด 5 กิโลกรัม
ถึงน้ำ และตะกร้าพร้อมน้ำหนักถ่วง หลักการของการวัดความหนาแน่นโดยวิธีแทนที่น้ำนี้ใช้
หลักสมมูลของความถ่วงจำเพาะ โดยการหาน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุ ซึ่งน้ำหนักของน้ำที่
ถูกแทนที่นี้จะเท่ากับปริมาตรของวัตถุ เมื่ออนุโลมให้ความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้น
จึงสามารถหาความหนาแน่นของวัตถุได้ เนื่องจากทราบทั้งปริมาตรและความหนาแน่นของวัตถุ
จากการชั่งน้ำหนักของวัตถุในอากาศและในน้ำ

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความหนาแน่น แสดงดังภาพ 3.2



ภาพที่ 3.2 เครื่องมือในการวัดความหนาแน่น

สามารถคำนวณความหนาแน่นได้จากสมการต่อไปนี้

$$SG_{\text{object}} = \frac{[(W_a)_{\text{object}}] [SG_{\text{water}}]}{[(W_a - W_w)_{\text{both}} - (W_a - W_w)_{\text{sinker}}]} \quad \text{----- สมการ 3.3}$$

เมื่อ W_a = น้ำหนักของมะพร้าวที่ชั่งในอากาศ , g

W_w = น้ำหนักของมะพร้าวที่ชั่งในน้ำ , g

SG_{water} = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

SG_{object} = ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ

และ $\rho_{\text{object}} = SG_{\text{object}} \times \rho_{\text{water}} , g/cm^3 \quad \text{----- สมการ 3.4}$

ในส่วนของการทดลองนี้มีวิธีทำดังนี้

1. ปรับตาชั่งโดยตั้งให้เข็มชี้น้ำหนักชี้ไปที่ ศูนย์ กิโลกรัม จากนั้นนำวัตถุที่ทราบน้ำหนักแน่นอนมาชั่ง และอ่านน้ำหนักที่ชั่งได้ว่าได้ตามน้ำหนักนั้นจริงหรือไม่
2. นำน้ำหนักถ่วงมาใส่ลงในตะกร้าแล้วนำไปชั่ง ดังแสดงในภาพที่ 3.3 บันทึกน้ำหนักที่อ่านได้
3. ชั่งน้ำหนักของมะพร้าวในอากาศ โดยนำมะพร้าวมาวางลงบนจานตาชั่ง บันทึกน้ำหนักที่อ่านได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.4
4. ชั่งน้ำหนักตะกร้าพร้อมน้ำหนักถ่วงในน้ำ โดยให้ตะกร้าจมปริมน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3.5 และต้องทำให้ตะกร้าลอยอย่างอิสระ คือ ไม่ให้ชนกับด้านใดด้านหนึ่งของถังหรือก้นถัง มิเช่นนั้นจะทำให้น้ำหนักที่ชั่งได้ผิดพลาด จากนั้นบันทึกน้ำหนักที่อ่านได้
5. ชั่งน้ำหนักของมะพร้าวในน้ำโดยนำมะพร้าวใส่ลงในตะกร้าพร้อมน้ำหนักถ่วง โดยให้ตะกร้าจมปริมน้ำ และทำให้ลอยอย่างอิสระ บันทึกน้ำหนักที่อ่านได้
6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดคือน้ำหนักที่ชั่งได้จากข้อ 2-5 มาคำนวณหาความหนาแน่นโดยใช้สมการ 3.3



14498



ภาพที่ 3.3 แสดงการซึ่งน้ำหนักถ่วงในน้ำ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สาขาเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าพระยาภาคตะวันออก



ภาพที่ 3.4 แสดงการชั่งน้ำหนักมะพร้าวในอากาศ



ภาพที่ 3.5 แสดงการชั่งน้ำหนักมะพร้าวในน้ำ

3.1.4 การวัดปริมาตร

ในการวัดปริมาตรของมะพร้าวสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกันได้แก่

3.1.4.1 การวัดปริมาตรจากความหนาแน่น

สามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลในการทดสอบความหนาแน่นมาคำนวณปริมาตรของผลมะพร้าวด้วยสูตร

$$V = \frac{M}{D} \quad \text{สมการ 3.5}$$

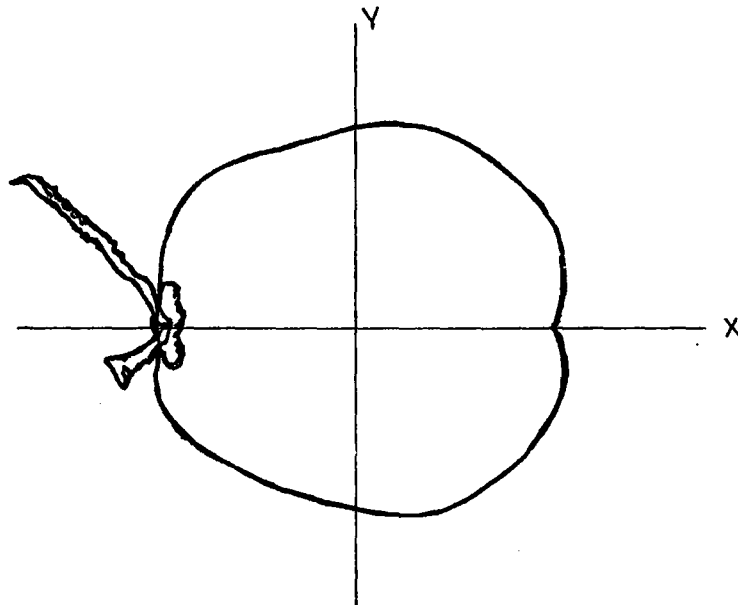
เมื่อ V = ปริมาตรของมะพร้าวที่คำนวณได้จากความหนาแน่น, cm^3

M = มวลของมะพร้าว, g

D = ความหนาแน่นของผลมะพร้าว, g/cm^3

3.1.4.2 การวัดปริมาตรจาก axial dimension

การคำนวณปริมาตรของมะพร้าวด้วยวิธีนี้ทำได้โดยการสมมติรูปทรงของผลมะพร้าวให้มีรูปร่างเป็นแบบ Prolate spheroid ซึ่งเป็นทรงรีที่มีความสมมาตรเมื่อหมุนรอบตัวเองในแนวนอน (แกน x)



ภาพที่ 3.6 แสดงแนวการหมุนตามแนวนอนของมะพร้าว

การคำนวณปริมาตรของผลมะพร้าวได้จากค่า 3-axial dimension ที่ได้ จากข้อ 3.1.1 สามารถทำได้โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$V = \frac{4\pi XY^2}{3} \quad \text{สมการ 3.6}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของผลมะพร้าวที่คำนวณจาก 3-axial dimension, cm^3

X = ความยาวครึ่งหนึ่งของด้าน a , cm

Y = ความยาวครึ่งหนึ่งของด้าน b , cm

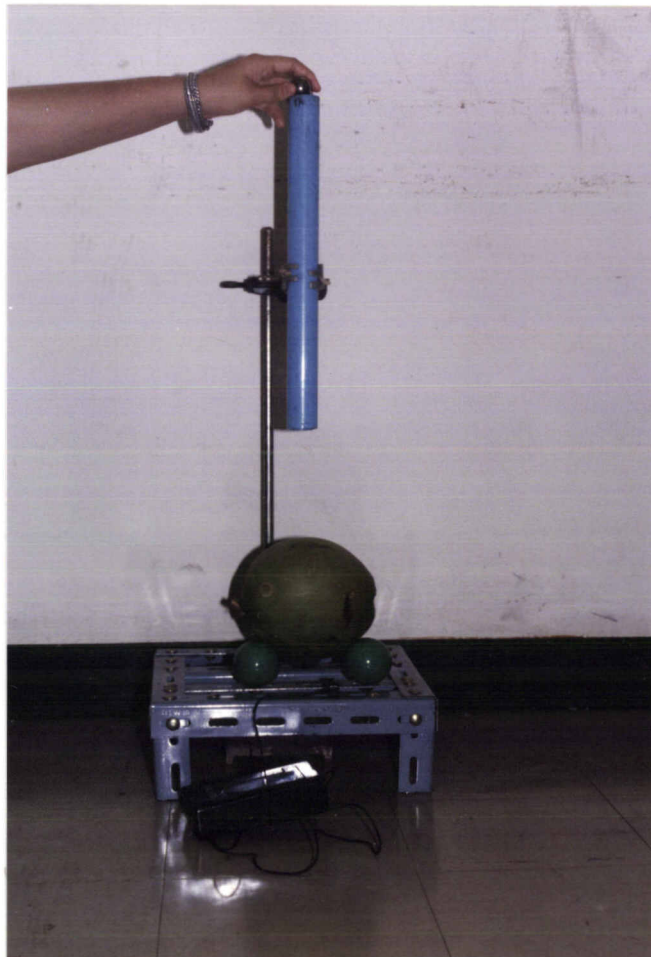
3.1.5 การทดสอบเสียง

การทดสอบเสียงเป็นการทดสอบคุณภาพทางกายภาพของมะพร้าวโดยการ บันทึกเสียงที่เกิดขึ้นจากการตกกระทบกันระหว่างลูกเหล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้วกับ ผลมะพร้าว โดยใช้ระยะห่างในการตกกระทบที่เหมาะสม และบันทึกเสียงที่ได้ไว้ในเทปคาสเซต จากนั้น นำเสียงที่บันทึกไว้ไปวิเคราะห์โดยใช้ไมโครโฟน และการด์เสียง (Sound Blaster Pro) ที่ต่อเชื่อมกับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์คุณภาพภายในของมะพร้าวได้โดยใช้ หลักการที่ว่า ผลมะพร้าวแต่ละผลที่มีความแก่-อ่อนแตกต่างกัน จะทำให้เกิดคลื่นเสียงจากการตกกระทบแตกต่างกันด้วย ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณภาพของมะพร้าวอ่อนจึงใช้คุณสมบัติข้อนี้ในการ หาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และคุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน ซึ่งคาดว่าวิธีนี้สามารถใช้ในการ คัดคะแนนคุณภาพของมะพร้าวอ่อนได้ถูกต้องแน่นอน เครื่องมือในการทดสอบเสียง แสดงดัง ภาพที่ 3.7

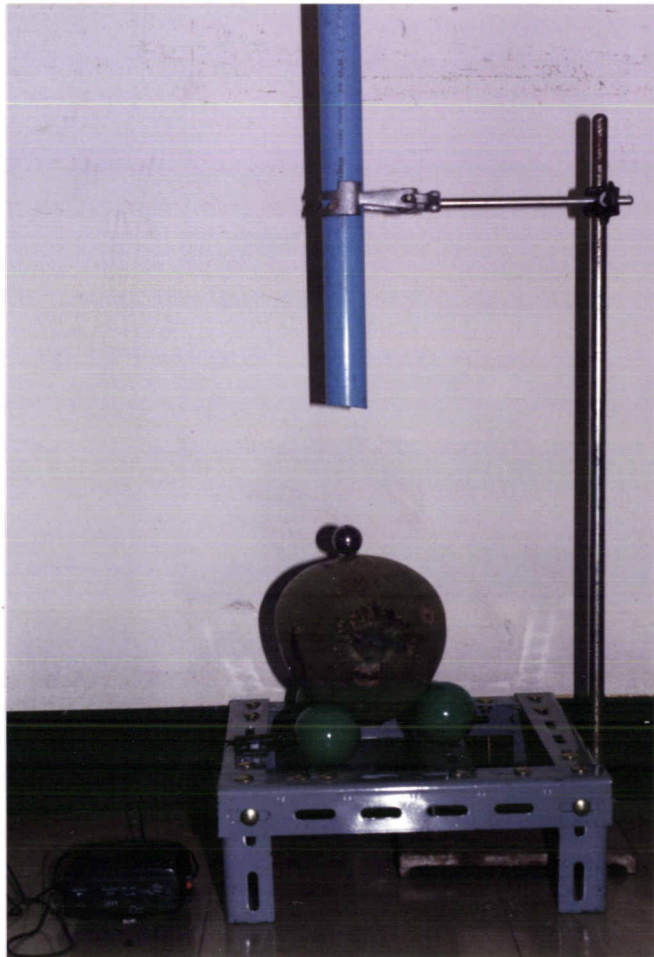
เครื่องมือในการทดสอบเสียงนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรก คือ ฐาน ที่ประกอบเหล็กฉาก ซึ่งมีกระปุกเกียร์เป็นแท่นสำหรับวางผลมะพร้าว เพื่อนำให้ผลมะพร้าวสัมผัส กับเหล็กฉาก เพราะอาจทำให้การวิเคราะห์คลื่นเสียงผิดพลาดได้ เนื่องจากจะเกิดคลื่นของเสียง ที่เกิดจากการกระทบกันระหว่างผลมะพร้าวและเหล็กฉาก แทรกคลื่นเสียงที่กระทบกันระหว่างลูก เหล็กกับมะพร้าว ส่วนที่สอง คือ ขาตั้งซึ่งยึดท่อนาลูกเหล็กเอาไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้ลูกเหล็ก เบี่ยงเบนออกจากแนวที่ต้องการให้ตกกระทบกับผลมะพร้าว

สำหรับวิธีการทดลองนั้นสามารถทำได้ดังนี้ คือ

- 1) นำผลไม้มาวางอย่างอิสระบนฐาน
- 2) วัดระยะของการตกกระทบโดยวัดความสูงจาก ส่วนที่หนูนี่ที่สุดของลูกมะพร้าว ไปยังปลายบนสุดของท่อหลอดเหล็ก ให้มีระยะห่างเท่ากับ 50 cm
- 3) บ่อยลูกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วจากปลายบนสุดของท่อให้ตกลงไป กระแทกกับลูกเหล็กพร้อมทั้งบันทึกเสียงที่เกิดขึ้นไว้ในเทปคาสเซต ดังแสดงในภาพที่ 3.8 จากนั้น ทำการทดลองซ้ำรวมเป็น 3 ครั้ง
- 4) นำเสียงที่บันทึกไว้ในเทปคาสเซตไปใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป



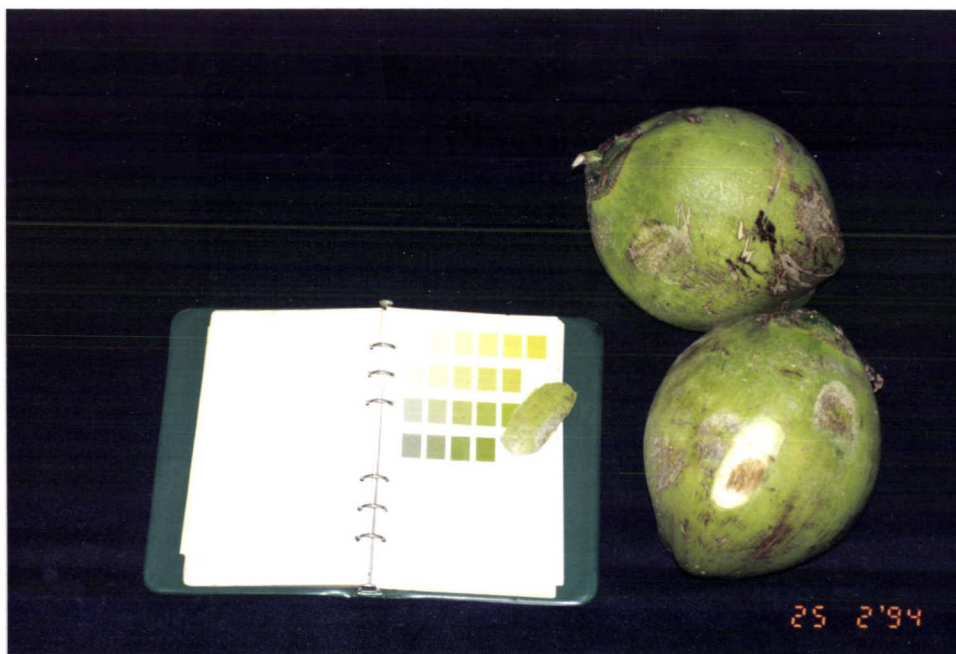
ภาพที่ 3.7 แสดงเครื่องมือในการทดสอบเสียง



ภาพที่ 3.8 แสดงการตกกระทระหว่างลูกเหล็กกับมะพร้าว

3.1.6 การทดสอบสีของเปลือกมะพร้าว

การทดสอบสีของเปลือกมะพร้าว เป็นการทดสอบลักษณะปรากฏที่ใช้ในการคัดเลือกมะพร้าว โดยมะพร้าวที่มีความแก่-อ่อนแตกต่างกันนั้นจะมีเปลือกที่มีสีที่ต่างกันด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในเนื้อเยื่อของเปลือกมะพร้าว ในการทดสอบสีของเปลือกมะพร้าวนี้ ทดสอบโดยเปรียบเทียบสีของเปลือกมะพร้าวที่บริเวณกึ่งกลางลูกกับ Munsell color chart และอ่านค่าสีที่เทียบได้ออกมาเป็น รหัส ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความเข้ม, ความสว่าง และเฉดสีของเปลือกมะพร้าวที่ทดสอบ ซึ่งแสดงในภาพที่ 3.9 ในการเทียบสีนั้นควรทำในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอเนื่องจากจะทำให้เห็นตามีประสิทธิภาพในการแยกสีดีขึ้น



ภาพที่ 3.9 แสดงการเทียบสีของเปลือกมะพร้าวโดยการใช
Munsell color chart

3.2 การวัดคุณสมบัติภายในของมะพร้าว

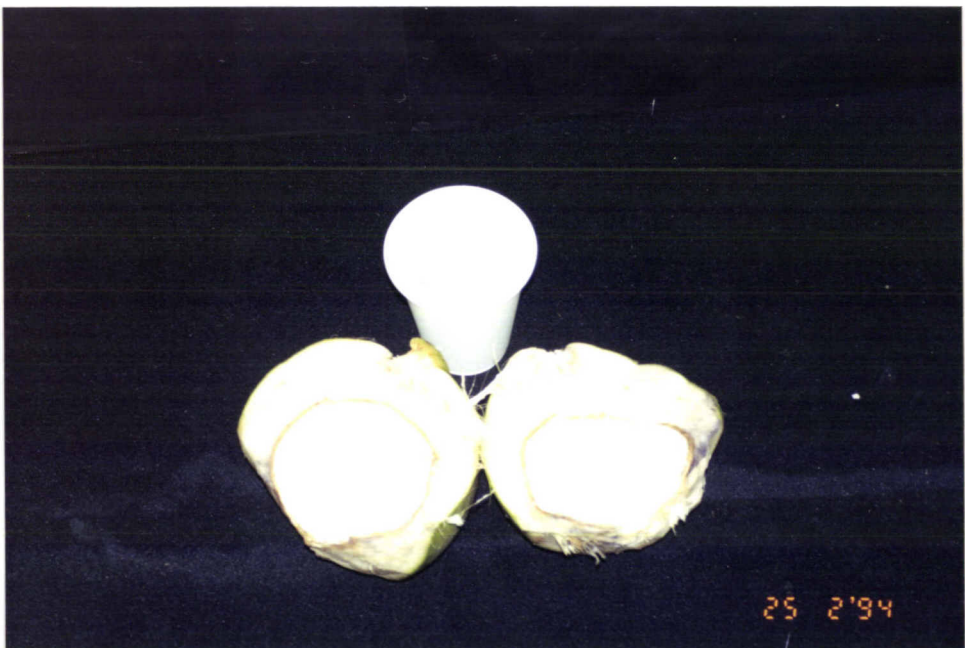
การวิเคราะห์คุณสมบัติภายในของมะพร้าว แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

3.2.1. การวิเคราะห์ส่วนที่เป็นเนื้อของมะพร้าว

3.2.2. การวิเคราะห์ส่วนที่เป็นน้ำของมะพร้าว

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติภายในของมะพร้าว ต้องทำการเตรียมตัวอย่าง ที่จะใช้วัด สามารถทำได้โดย

- 1) นำมะพร้าวมาบดเปลือกตรงส่วนก้นออก แล้วเจาะให้มีลักษณะเป็นรู
 - 2) เทน้ำออกจากผลมะพร้าวใส่แก้ว เพื่อนำไปวัดคุณสมบัติทางเคมีอื่นๆต่อไป
 - 3) นำผลมะพร้าวผ่าเป็น 2 ส่วน เพื่อใช้ในการวัด
- ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 3.10



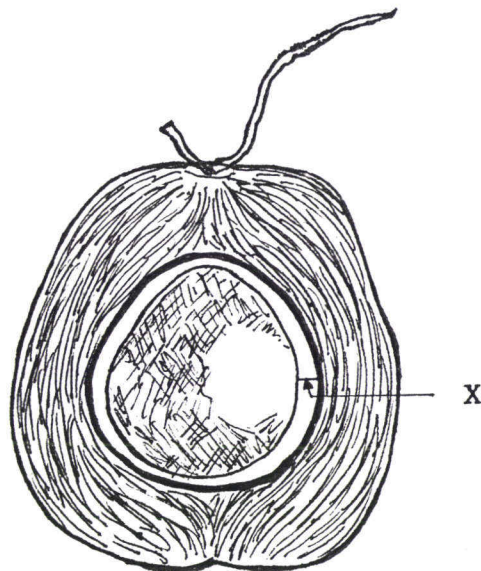
ภาพที่ 3.10 แสดงการเตรียมตัวอย่าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

3.2.1. การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อมะพร้าว

3.2.1.1. การวัดความหนาของเนื้อมะพร้าว (X)

การวัดความหนาของเนื้อมะพร้าวใช้อุปกรณ์ในการวัดคือ เวอร์เนียร์ ซึ่งความสามารถของเวอร์เนียร์ที่นำมาใช้สามารถบอกได้ถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง ขั้นตอนในการวัดความหนา สามารถทำได้โดย

- นำมะพร้าวที่ผ่าเป็น 2 ส่วนแล้วมาวัดค่าความหนาในการวัดจะวัดตรงกึ่งกลางของผลมะพร้าว ดังแสดงในภาพที่ 3.11

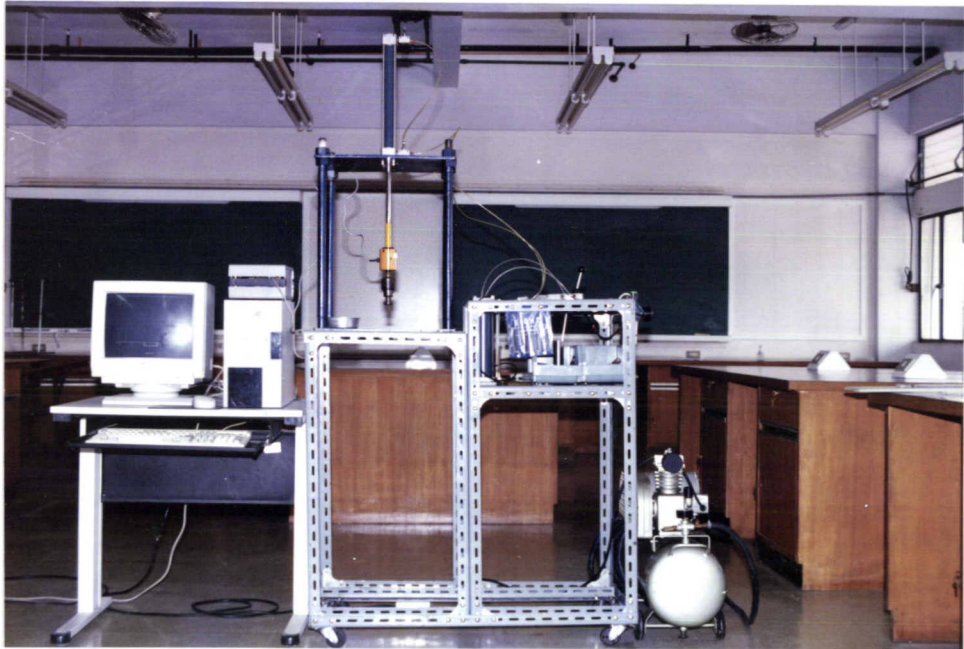


ภาพที่ 3.11 แสดงส่วนของมะพร้าวที่ใช้ในการวัดความหนา

X = ความหนาของเนื้อมะพร้าว , cm

3.2.1.2 การวัดความแข็งของเนื้อมะพร้าว (H)

ความแข็งของเนื้อมะพร้าว จะใช้คุณสมบัติความต้านทานต่อแรงตัดของเนื้อมะพร้าว โดยจะใช้ KMITL Food Texture Measuring Instrument เป็นเครื่องวัด ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แสดงรูปของ KMITL Food Texture Measuring Instrument

วิธีการทดลอง

- 1) นำมะพร้าวมาตัดเนื้อตรงกึ่งกลางผล ให้มีความกว้างประมาณ 1 cm แล้วลอกเยื่อบางๆ ที่ติดอยู่กับเนื้อออกให้หมด
- 2) ปรับแท่นที่ใช้วางเนื้อมะพร้าว ให้มีความกว้างของช่อง 2 mm
- 3) นำแผ่นเหล็กที่ใช้ในการตัดเนื้อมะพร้าวซึ่งมีขนาด กว้าง 3 cm ยาว 5 cm หนา 1 mm ยึดติดกับก้านสูบซึ่งก้านสูบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ 40 mm และช่วงชักของก้านสูบ 300 mm

4) ปรับความดันลมให้คงที่เท่ากับ $8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และสามารถวัดความเร็วของก๊าซ
 ลูกลูกสูบได้ เท่ากับ 12 cm/นาที

5) ขั้นตอนการวัดความต้านทานต่อแรงตัดสามารถ ทำได้โดย

- ตั้งค่าใน configuration ของโปรแกรมควบคุมการวัด
- สั่งโปรแกรมให้เริ่มวัดพร้อมกับกดหัววัดลงมาโดยการผลักคันโยกให้ก๊าซสูบที่

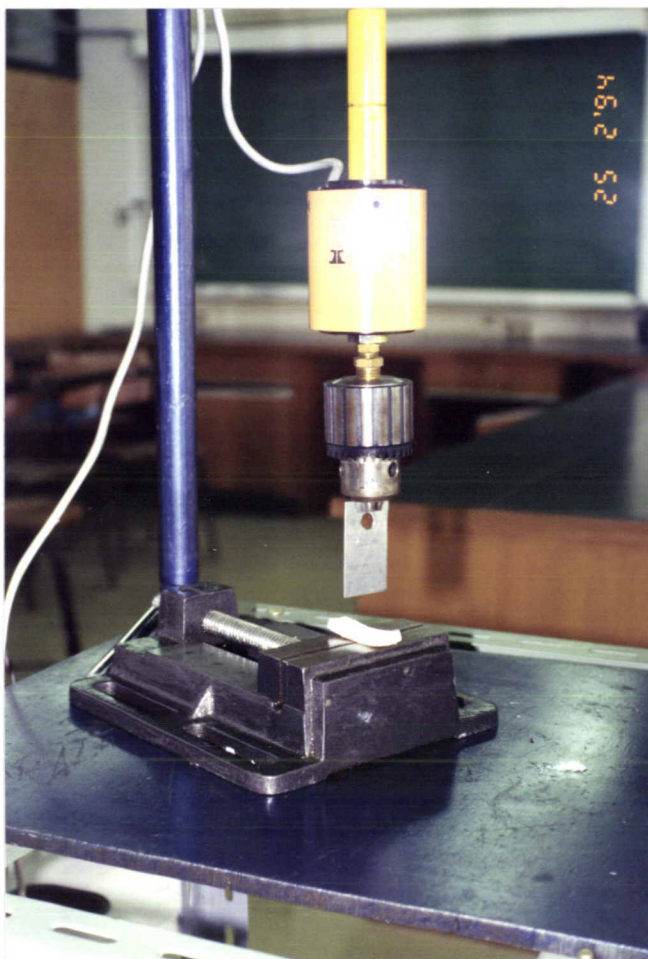
ใส่แผ่นเหล็กไว้เคลื่อนด้วยความเร็ว 12 cm/นาที ดังภาพที่ 3.13

- ผลที่ได้จะแสดงออกทางจอภาพ (กราฟ) และบันทึกข้อมูลลงจานแม่เหล็กอ่อน
- เนื้อมะพร้าวจะถูกตัดออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นก็กดคันโยกให้ก๊าซสูบเคลื่อนที่

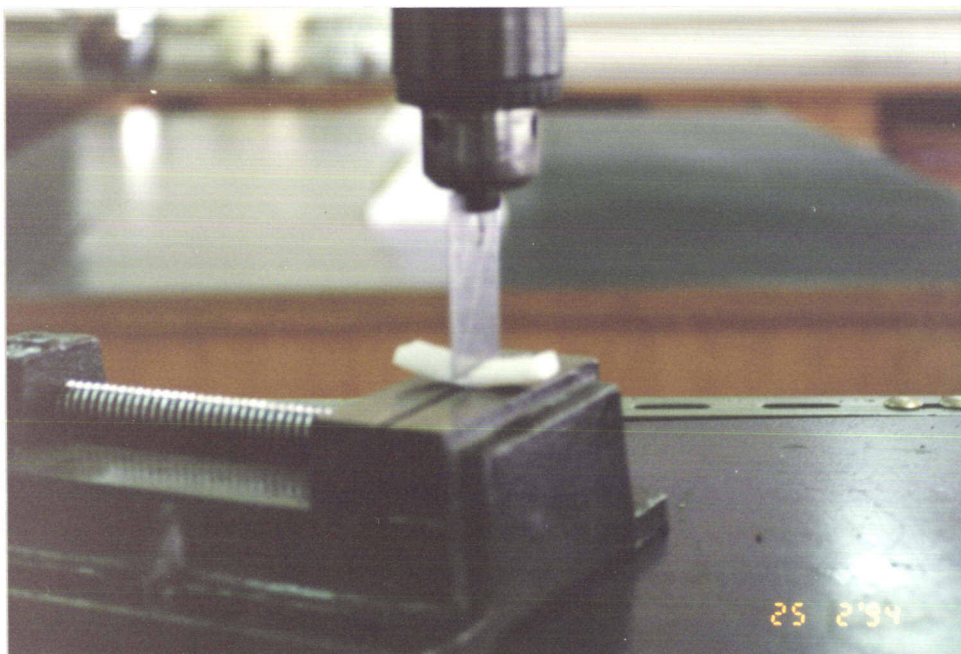
พาแผ่นเหล็กออกจากชั้นมะพร้าว ดังภาพที่ 3.14 และ 3.15

- อ่านผลการวัดและวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกด้วยโปรแกรมสเปรดชีต เช่น

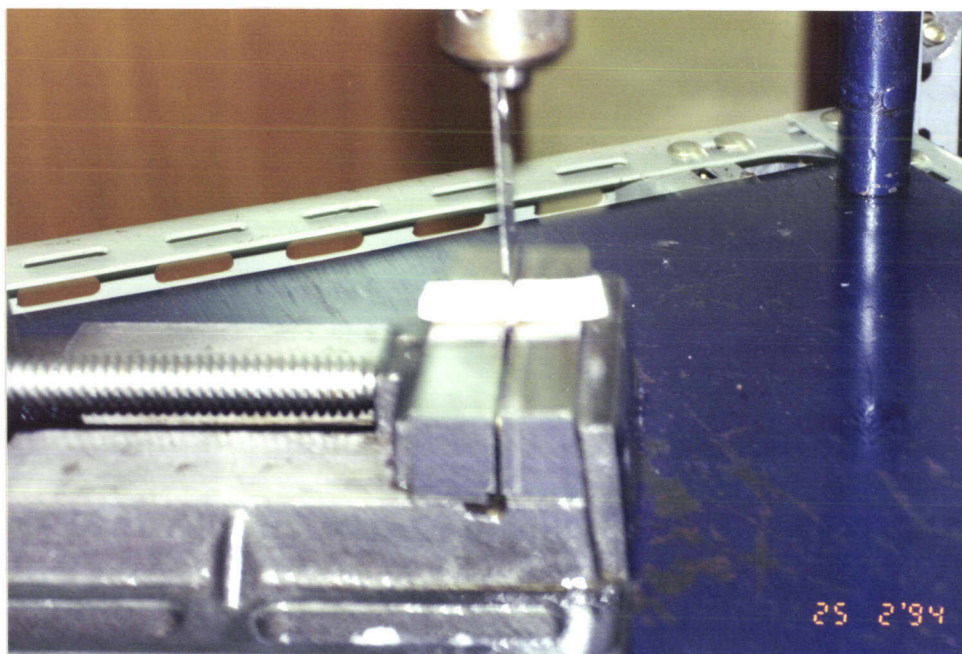
Lotus 123



ภาพที่ 3.13 แสดงขั้นตอนเริ่มแรกของการวัดความต้านทานแรงตัด



ภาพที่ 3.14 แสดงช่วงที่แผ่นเหล็กเริ่มตัดขึ้นเนื้อมะพร้าว



ภาพที่ 3.15 แสดงขั้นตอนหลังจากการตัดขึ้นมะพร้าวออกเป็น 2 ส่วน

3.2.2. การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมะพร้าว

3.2.2.1. การหาปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมะพร้าว (Total Soluble Solid)

ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมะพร้าว สามารถวัดได้โดยวิธีดังต่อไปนี้

1) อุปกรณ์ในการหาปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมะพร้าว(TSS) คือ Hand Refractometer ที่สามารถวัดได้ในช่วง 0-32 °brix

2) หยคน้ำมะพร้าว 2-3 หยด ลงบน Refractometer จากนั้นอ่านค่า °brix ที่ได้ หลังการทดลองทุกครั้ง ทำการล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วทำการทดลองซ้ำในแต่ละลูกค้ำที่ได้จากการทดลองนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.2.2.2. การหาความเป็นกรดค้างในน้ำมะพร้าว

ขั้นตอนการวัดค่าความเป็นกรด-ค้างในน้ำมะพร้าวโดยวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (Suntexsp 701) มีขั้นตอนการวัดดังนี้

1) ทำการ ปรับเครื่องโดยการวัด pH ของ buffer ที่มี pH เท่ากับ 7 จากนั้น ปรับต่อด้วย buffer ที่มี pH เท่ากับ 4

2) จุ่มหัววัด ลงไปในน้ำมะพร้าว กดปุ่มวัดแล้วทิ้งไว้สักครู่

3) อ่านค่าตัวเลข pH ที่คงที่ บันทึกข้อมูลไว้ทำการทดลองซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย

3.2.2.3. การวัดคุณสมบัติการยอมให้แสงผ่าน

การวัดคุณสมบัติการยอมให้แสงผ่าน ในน้ำมะพร้าวจะใช้ Spectrophotometer (CECIL 292) ที่ความยาวคลื่น 620 nm มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ คือ

1) เปิดเครื่อง Spectrophotometer ทิ้งไว้ 30 นาที ก่อนทำการวัด

2) ปรับความยาวคลื่นให้ได้ 620 nm

3) Calibrate เครื่องโดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank ปรับค่า absorbance ของน้ำกลั่นให้ได้เท่ากับ 0

4) เติมน้ำมะพร้าวที่ต้องการวัดใส่ใน cell รอจนตัวเลขที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง แล้วจดค่า absorbance ที่ได้ ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย

3.2.2.4. การวัด % acidity

การวัดเปอร์เซ็นต์ acidity ในน้ำมันมะพร้าวจะใช้ กรดอะซิติกเป็นตัวแทนของกรดทั้งหมด(สนธยา,2528) มีขั้นตอนและวิธีการทดลองดังนี้

- 1) ปิเปิดน้ำมันมะพร้าวมา 10 ml ลงใน Erlenmeyer flask 50 ml
- 2) หยด 1 % Phenolphthalein 2-3 หยดลงไป
- 3) นำมาไทเทรตกับ 0.1 N NaOH
- 4) จดปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรต แล้วทำการทดลองซ้ำ นำปริมาตรเฉลี่ยที่

ได้ไปหาเปอร์เซ็นต์ acidity ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\% \text{ Total acidity (g/100ml) } = \frac{V \times N \times MW \times 100}{1000 \times U} \text{ --- สมการ 3.7}$$

โดยกำหนดให้

V = ปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตจนถึงจุดยุติ

N = นอร์มัลลิตีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

U = ปริมาณของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่นำมาไทเทรต(ml)

MW = น้ำหนักสมมูลของกรดอะซิติก (Equivalent weighted acetic acid)

3.3 การทดสอบความชอบของผู้บริโภค

การทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดยใช้วิธี 7-point hedonic scale คุณสมบัติที่นำมาทดสอบ คือ

- 3.3.1. ความหอมของมะพร้าวอ่อน
- 3.3.2. รสชาติของเนื้อมะพร้าว
- 3.3.3. ความแข็งของเนื้อมะพร้าว
- 3.3.4. ความชอบโดยรวม

ในการทดสอบความชอบของผู้บริโภค จะทำการทดสอบ 4 ครั้ง ในแต่ละครั้งใช้มะพร้าว

น้ำหอม 5 ตัวอย่าง และใช้ผู้ทดสอบ 15 คน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองมะพร้าวอ่อน จำนวน 163 ตัวอย่าง มาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์โดยแบ่งคุณสมบัติเหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้เป็นหลักในการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ ความหนาของเนื้อมะพร้าว(Thickness), ความแข็งของเนื้อมะพร้าว (Hardness), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ(Total Soluble Solid), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), เปอร์เซนต์กรดอะซิติกในน้ำมะพร้าว (Acidity) และ คุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านของน้ำมะพร้าว (Optical Density) ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งนั้น คือ กลุ่มที่ใช้ในการคัดเลือกคุณภาพมะพร้าวอ่อน ได้แก่ ขนาด(GMD), รูปร่าง(Sphericity), น้ำหนัก (Weight), ความหนาแน่น(Density) และปริมาตรซึ่งคำนวณมาจาก 2 วิธีด้วยกัน คือ คำนวณจาก 3-axial dimension และ คำนวณจากความหนาแน่น รวมทั้งได้ทำการทดสอบประสาทสัมผัส(Sensory test) โดยใช้วิธี 7-point hedonic scale โดยทำการทดสอบ 4 ครั้งในแต่ละครั้งใช้ปริมาณมะพร้าวอ่อน 5 ตัวอย่าง และใช้ผู้ทดสอบ 15 คน จากนั้นนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ตอนด้วยกัน คือ

- 4.1 คะแนนความชอบโดยรวมกับตัวแปรที่ใช้เป็นหลักในการยอมรับของผู้บริโภค
 - 4.2 คะแนนความชอบโดยรวมกับตัวแปรในกลุ่มที่ใช้เพื่อการคัดเลือกคุณภาพ
 - 4.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์(R) ระหว่างตัวแปรในกลุ่มที่ใช้เป็นหลักในการยอมรับของผู้บริโภค และกลุ่มที่ใช้เพื่อการคัดเลือกคุณภาพ
 - 4.4 สมการความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับคุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน
- ผลการทดลองแสดงไว้ดังต่อไปนี้

4.1 คะแนนความชอบโดยรวมกับตัวแปรที่ใช้เป็นหลักในการยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อน 20 ตัวอย่าง แล้วนำผลการทดลอง คือ คะแนนเฉลี่ยของความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อมะพร้าวแต่ละตัวอย่างมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆที่ใช้เป็นหลักในการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า มีตัวแปรหลายอย่าง que แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภค คือ ได้กราฟที่มีลักษณะเป็นรูปโค้งคว่ำ (ภาคผนวก ง) ได้แก่ ความหนาของเนื้อมะพร้าว, ความแข็งของเนื้อมะพร้าว, คุณสมบัติการยอมให้แสงผ่าน, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และเปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกในเนื้อมะพร้าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คำดังกล่าวเหล่านี้ อาจใช้เป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำได้นั้น ไม่สามารถหาแนวโน้มที่ชัดเจนของการยอมรับของผู้บริโภคได้ ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวแปรหลัก

ตัวแปร	ช่วงที่นำมาทดลอง	ค่าที่ได้คะแนนความชอบ โดยรวมสูงสุด	ช่วงที่ผู้บริโภค ยอมรับ
ความหนาของเนื้อมะพร้าว (cm)	0.355-0.920	0.550	0.465-0.655
ความแข็งของเนื้อมะพร้าว (kg)	0.12-2.12	1.44	0.79-1.68
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย น้ำได้ (Obrix)	4.95-7.60	6.65	*
ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มะพร้าว	4.80-5.90	5.39	4.88-5.50
เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกาน น้ำมะพร้าว (%)	0.0259-0.0577	0.0288	0.0259-0.0505
คุณสมบัติการยอมให้แสงผ่าน ของน้ำมะพร้าว	0.002-0.233	0.07	*

* = ไม่สามารถหาช่วงที่ผู้บริโภคยอมรับได้

4.2 คะแนนความชอบโดยรวมกับตัวแปรในกลุ่มที่ใช้เพื่อการคัดเลือกคุณภาพ

เมื่อทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมะพร้าวอ่อน 20 ตัวอย่าง และนำผลการทดลอง คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อมะพร้าวแต่ละตัวอย่าง มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ใช้ในการคัดเลือกคุณภาพ พบว่า มีตัวแปรเพียงตัวเดียวที่สามารถหาแนวโน้มที่ชัดเจนของการยอมรับของผู้บริโภคได้ คือ ความหนาแน่น ส่วนตัวแปรอื่นๆ ซึ่งได้แก่ รูปร่าง, ขนาด, น้ำหนัก, ปริมาตร นั้น ไม่สามารถหาแนวโน้มที่ชัดเจนของการยอมรับของผู้บริโภคได้ (ภาคผนวก ง) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 แสดงว่าในกลุ่มคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้โดยง่ายหลายตัวแบบนี้ ความหนาแน่นของผลมะพร้าวมีแนวโน้มที่จะบ่งชี้ถึงคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคได้

ตารางที่ 4.2 แสดงแนวโน้มของการยอมรับของผู้บริโภคต่อตัวแปรที่ใช้คัดเลือกคุณภาพ

ตัวแปร	ช่วงที่นำมาทดลอง	ค่าที่ได้คะแนนความชอบ โดยรวมสูงสุด	ช่วงที่ผู้บริโภค ยอมรับ
ความหนาแน่น(g/cm^3)	0.70-0.95	0.87	0.75-0.95
รูปร่าง	0.90-1.00	0.92	*
ขนาด(cm)	13.6-17.5	17.3	*
น้ำหนัก(kg)	1.2-2.4	2.2	*
ปริมาตรจาก 3-axial dimension(cm^3)	1000-2800	2686	*
ปริมาตรจากความหนาแน่น (cm^3)	1400-2600	2470	*

* = ไม่สามารถหาช่วงที่ผู้บริโภคยอมรับได้

4.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์(R) ระหว่างตัวแปรในกลุ่มที่ใช้เป็นหลักในการยอมรับของผู้บริโภค และกลุ่มนี้ใช้เพื่อการคัดเลือกคุณภาพ

เมื่อนำผลการทดลองของตัวอย่างมะพร้าวทั้งหมดมาหาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 กลุ่ม ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

Correlations:	GMD	SPHERE	VOL _G *	WEIGHT	VOL _D *	DENSITY
GMD	1.00					
SPHERE	.44**	1.00				
VOL _G	.97**	.44**	1.00			
WEIGHT	.82**	.52**	.83**	1.00		
VOL _D	.93**	.41**	.94**	.86**	1.00	
DENSITY	-.10	.33**	-.10	.37**	-.14	1.00
THICK	.25**	-.19*	.29**	-.05	.29**	-.71**
TSS	-.25**	-.05	-.27**	-.17	-.27**	.213*
PH	.17	-.14	.16	-.09	.20*	.58**
ACID	-.23*	.12	-.19*	-.04	-.26**	.44**
OD	.02	-.09	.02	-.19*	-.00	-.35**
HARDNESS	.03	-.35**	.08	-.27**	.10	-.72**

N of cases: 163 1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

* VOL_G คือ ปริมาตรที่คำนวณได้จาก 3-axial dimension, cm³

VOL_D คือ ปริมาตรที่คำนวณได้จากความหนาแน่น, cm³

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

Correlations:	THICK	TSS	PH	ACID	OD	HARDNESS
THICK	1.00					
TSS	-.51**	1.00				
PH	.53**	-.21*	1.00			
ACID	-.36**	.17	-.84**	1.00		
OD	.26**	-.03	.11	-.06	1.00	
HARDNESS	.69**	-.19*	.38**	-.23*	.33**	1.00

N of cases: 163 1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ที่ได้จากการคำนวณ (R_{cal}) จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตาราง คำนัยสำคัญของ r และ R โดยพิจารณาที่ degree of freedom เท่ากับ 161, จำนวนตัวแปรอิสระ เท่ากับ 1 ที่ระดับความมั่นใจ 99% ($R_{0.01}$) และ 99.9% ($R_{0.001}$) เมื่อนำค่าทั้งสองคือ R_{cal} และ R_{table} มาเปรียบเทียบกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดๆ ที่มีค่า $R_{cal} > R_{table}$ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาค่า R ที่คำนวณได้ ประกอบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ พบว่า ความสัมพันธ์ ที่มีค่า R ต่ำ (ภาคผนวก ฉ) จะมีแนวโน้มของกราฟไม่ค่อยชัดเจน และจุดข้อมูลบนกราฟกระจาย ดังนั้นในที่นี้จะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดๆ ที่มีค่า R มากกว่า 0.5 ขึ้นไปเท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองที่ได้จากข้อ 4.1 และ 4.2 และ ค่า R จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ มากกว่า 0.5 พบว่า มีความสัมพันธ์ของ ตัวแปร 3 คู่ ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ชัดเจน และน่าจะเป็นดัชนีแสดงคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคได้คือ

- ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าว กับ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว

- ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าว กับ ความหนาของเนื้อมะพร้าว

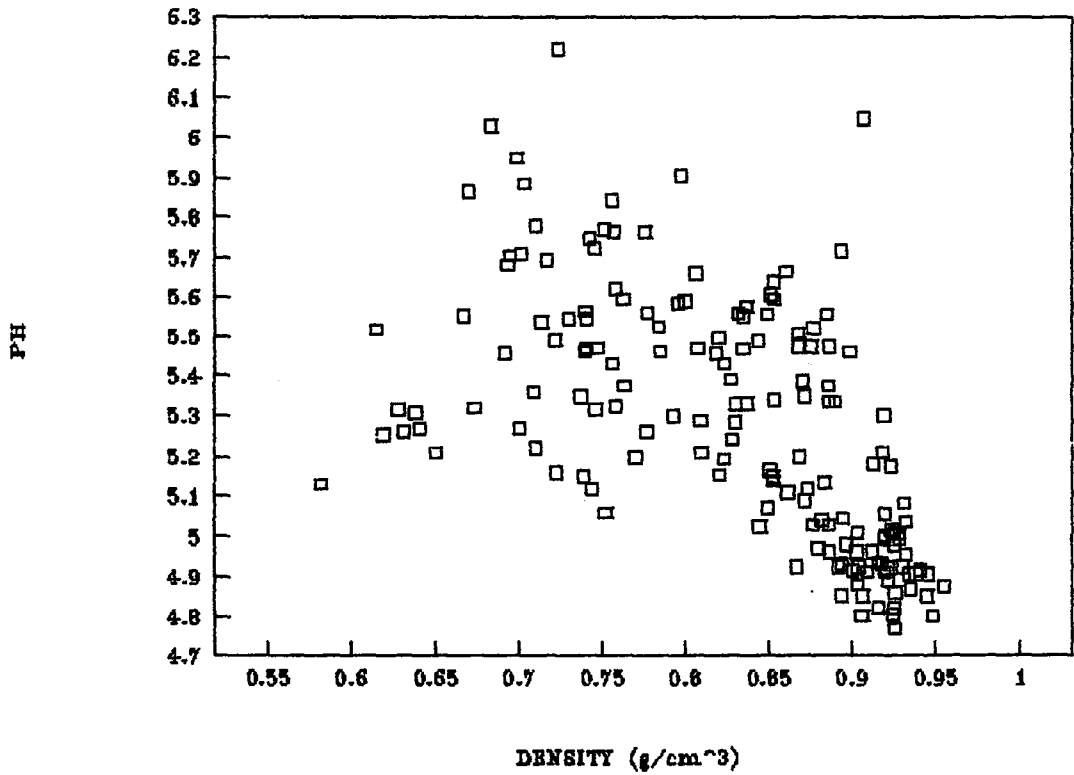
- ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าว กับ ความแข็งของเนื้อมะพร้าว

ผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าวกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.1 พบว่า ความสัมพันธ์มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงที่มีความชัน เป็นลบ และมีค่า $R_{0.001}$ เท่ากับ -0.58 หมายความว่ามะพร้าวที่มีความหนาแน่นสูงจะมี ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าวต่ำ กล่าวคือ น้ำมะพร้าวมีรสเปรี้ยวมาก ซึ่งแสดงว่าอายุอ่อน ในทางกลับกัน มะพร้าวที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากกรดอินทรีย์ในน้ำมะพร้าวถูกเปลี่ยนไปเป็นสารอินทรีย์อื่นๆ จากกระบวนการเมตาโบลิซึมภายในผลมะพร้าวเอง

DENSITY & PH

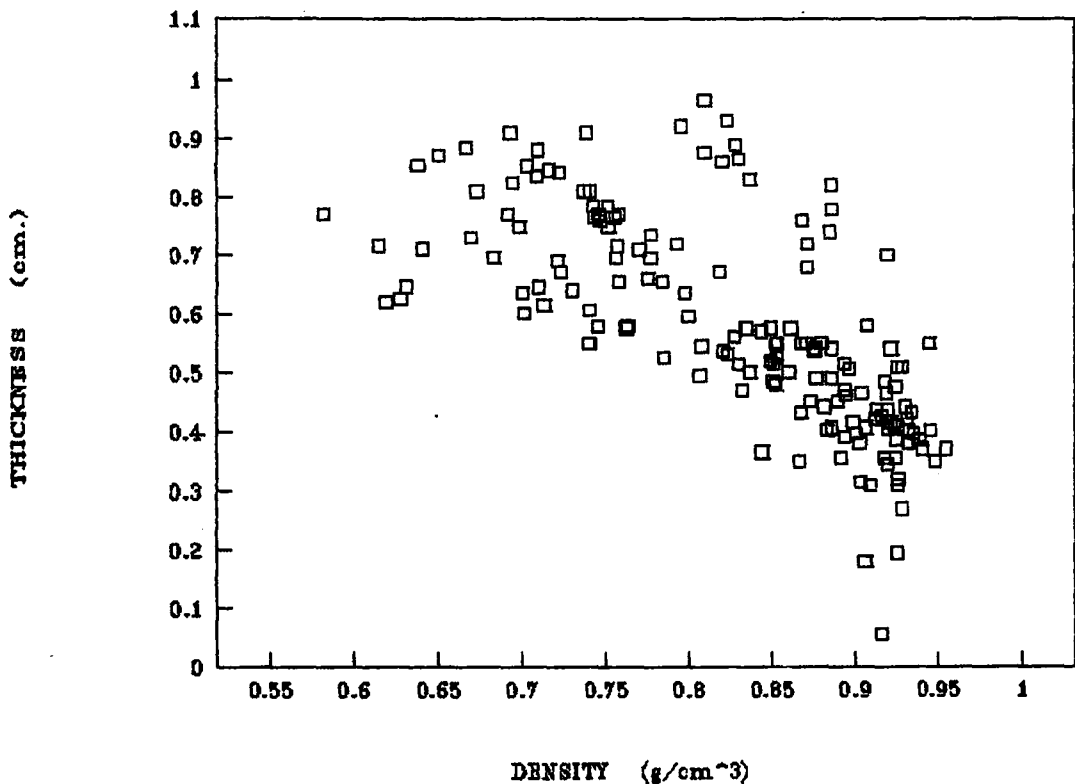


รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าว กับ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าวกับความหนาของเนื้อมะพร้าว

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.2 พบว่า ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีความชันเป็นลบ และมีค่า $R_{0.001}$ เท่ากับ -0.71 หมายความว่า เมื่อมะพร้าวมีความหนาแน่นสูง เนื้อของมะพร้าวจะมีความหนาน้อย แสดงว่า เป็นมะพร้าวอายุอ่อน และในทางกลับกัน มะพร้าวที่มีความหนาแน่นต่ำ เนื้อของมะพร้าวจะมีความหนามากขึ้น นั่นคือความหนาของเนื้อมะพร้าวจะมีการพัฒนาไปตามอายุของมะพร้าว และมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของมะพร้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

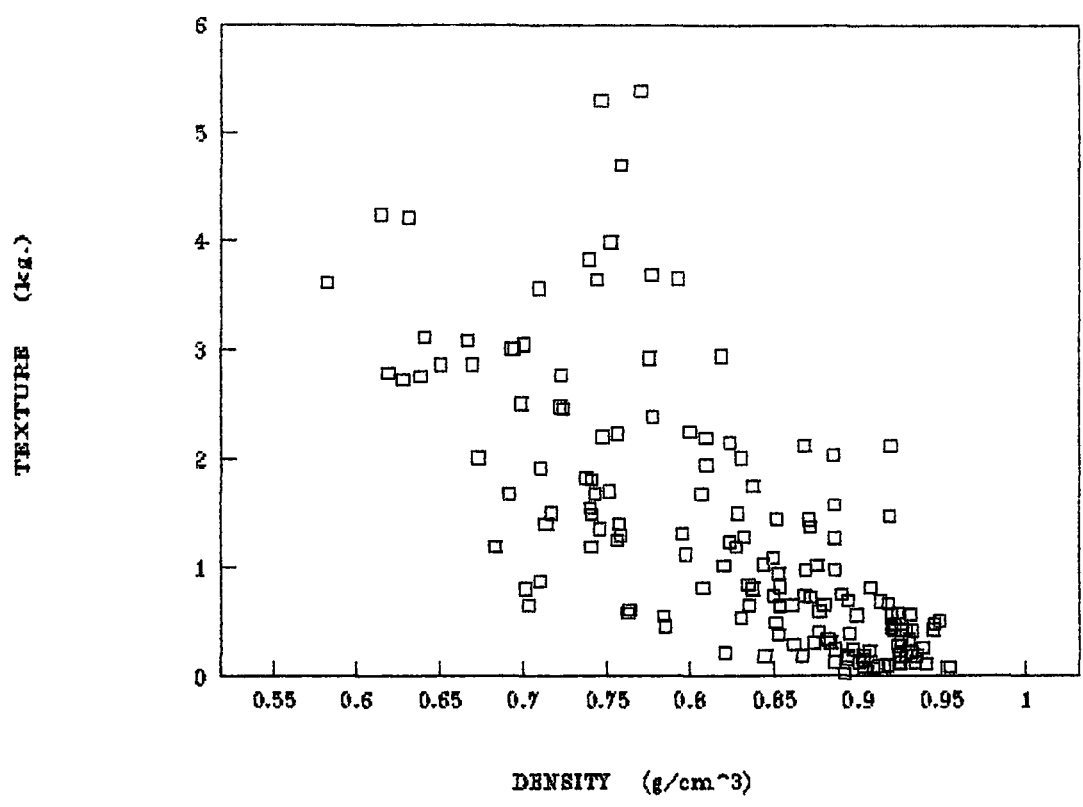
DENSITY & THICKNESS



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าว กับ ความหนาของเนื้อมะพร้าว

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าวกับความแข็งของเนื้อมะพร้าว

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.3 พบว่า ความสัมพันธ์มีค่า $R_{0.001}$ เท่ากับ -0.73 หมายความว่ามะพร้าวที่มีความหนาแน่นสูง เนื้อของมะพร้าวจะมีความแข็งน้อย และในทางกลับกัน มะพร้าวที่มีความหนาแน่นต่ำ เนื้อของมะพร้าวก็น่าจะมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์นี้ให้ผลสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของมะพร้าว กับความหนาแน่นของเนื้อมะพร้าว คือ เมื่อเนื้อของมะพร้าวมีความหนาแน่นมากขึ้น ก็ย่อมมีความแข็งของเนื้อมะพร้าวมากขึ้นด้วย และ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความหนาแน่นของผลมะพร้าวมีความสัมพันธ์กับอายุ และ คุณภาพของมะพร้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของผลมะพร้าว กับ ความแข็งของเนื้อมะพร้าว

4.4 สมการความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับคุณสมบัติภายในของมะพร้าวอ่อน

จากผลการทดลองข้างต้น แสดงว่า ความหนาแน่นของผลมะพร้าวมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติภายในที่น่าจะใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค ความสัมพันธ์แสดงได้ในรูปสมการเส้นตรงเพื่อใช้ประกอบการพิจารณา การคัดเลือกคุณภาพมะพร้าวอ่อนด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายได้ความสัมพันธ์ทั้งสามคู่ ดังอธิบายในหัวข้อ 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสมการเส้นตรง จะได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.4.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเป็นกรด-ด่างในน้ำมะพร้าว

$$\text{pH} = 6.9939 - 2.0667 \rho_c \quad \text{-----} \quad \text{สมการ 4.1}$$

$$R^2 = 0.35, S_e = 0.25$$

4.4.2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความหนาของเนื้อมะพร้าว

$$X = 1.7399 - 1.4058 \rho_c \quad \text{-----} \quad \text{สมการ 4.2}$$

$$R^2 = 0.50, S_e = 0.13$$

4.4.3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความแข็งของเนื้อมะพร้าว

$$H = 9.1527 - 9.5032 \rho_c \quad \text{-----} \quad \text{สมการ 4.3}$$

$$R^2 = 0.52, S_e = 0.82$$

เมื่อ pH = ความเป็นกรด-ด่างในน้ำมะพร้าว

X = ความหนาของเนื้อของมะพร้าว, cm

H = ความแข็งของเนื้อมะพร้าว, kg

ρ_c = ความหนาแน่นของมะพร้าว, g/cm³

เมื่อทำการทดลองเพื่อยืนยันความถูกต้องของสมการทั้ง 3 สมการโดยใช้ตัวอย่างมะพร้าว

18 ผล มาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่

- ความหนาแน่นของผลมะพร้าว
- ความเป็นกรด-ด่างในน้ำมะพร้าว
- ความหนาของเนื้อมะพร้าว

- ความแข็งของเนื้อมะพร้าว

แล้วนำมาวิเคราะห์หาความผิดพลาดของสมการทั้ง 3 สมการข้างต้น ด้วยค่า Root Mean Square Error (RMSE) โดยที่

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (A-P)^2}{n}} \quad \text{สมการ 4.4}$$

เมื่อ A = ค่าที่วัดได้จากการทดลอง

P = ค่าที่ได้จากสมการ

n = จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ

พบว่า RMSE ของสมการ 4.1, 4.2, 4.3 มีค่าเท่ากับ 0.24, 0.03 cm และ 0.09 kg ตามลำดับ และเมื่อใช้สมการทั้งสามคำนวณหาค่าความหนาแน่นที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยแทนค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนาแน่นของเนื้อมะพร้าว และ ความแข็งของเนื้อมะพร้าวที่ผู้บริโภคยอมรับและให้คะแนนสูงที่สุด ลงในสมการ พบว่า ได้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.78 g/cm^3 0.85 g/cm^3 และ 0.81 g/cm^3

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อนเพื่อทำการคัดเลือกคุณภาพ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 คุณสมบัติทางเคมีที่ใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพของมะพร้าวน้ำหอมได้ดี โดยพิจารณาจากคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความหนาของเนื้อมะพร้าว, ความแข็งของเนื้อมะพร้าว, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว และเปอร์เซ็นต์กรดในน้ำมะพร้าว

5.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพ ที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพของมะพร้าวน้ำหอมได้ดีที่สุดโดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง ได้แก่ ความหนาแน่น โดยมีความสัมพันธ์กับความหนาของเนื้อมะพร้าว, ความแข็งของเนื้อมะพร้าว, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

5.1.3 สามารถวิเคราะห์หาสมการเพื่อใช้คาดคะเนคุณภาพของมะพร้าวอ่อน โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ได้ดังนี้คือ

$$\text{pH} = 6.99 - 2.07 P_c$$

$$X = 1.739 - 1.406 P_c$$

$$H = 9.15 - 9.50 P_c$$

5.1.4 ความหนาแน่นของผลมะพร้าวที่มีคุณภาพดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีค่าอยู่ระหว่าง 0.78 ถึง 0.85 g/cm³

5.2 วิจัยรณผลการทดลอง

5.2.1 การทดลองครั้งนี้ ไม่สามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบเสียงที่เกิดจากการตกกระทบกันระหว่างลูกเหล็กและผลมะพร้าว (acoustic test) ได้ เนื่องจากในการวัดวิเคราะห์จำเป็นต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทางภาควิชาได้จัดไว้ให้สำหรับการทำปัญหาพิเศษ

5.2.2 ในการคำนวณหาความหนาแน่นของผลมะพร้าว สามารถทำได้ 2 วิธีคือ ใช้วิธีชั่งน้ำหนักของมะพร้าวในอากาศ และในน้ำ หรือใช้วิธีหาขนาดของผลมะพร้าวจากภาพถ่าย โดยทั้ง 2 วิธีสามารถใช้คำนวณหาความหนาแน่นของผลมะพร้าวได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 % จึงหาความหนาแน่นของผลมะพร้าวได้ ด้วยวิธีคำนวณปริมาตรจากค่า 3-axial dimension และชั่งน้ำหนักในอากาศ

5.2.3 จากการตรวจสอบความถูกต้องของสมการทั้ง 3 สมการ พบว่า สมการระหว่างความหนาแน่นกับ pH มีความผิดพลาด 4.71 % สมการระหว่างความหนาแน่นกับความหนาของเนื้อมะพร้าว มีความผิดพลาด 11.85 % และสมการระหว่างความหนาแน่นกับความแข็งของเนื้อมะพร้าว มีความผิดพลาด 34.91 % ซึ่งจากผลการผิดพลาดเหล่านี้เห็นได้ว่ามีค่าไม่มากนัก และอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความหนาแน่นและความแข็งของเนื้อมะพร้าวมีค่าสูงกว่าสมการอื่นมาก เป็นผลเนื่องมาจากการแปรสัญญาณจาก analog ไปเป็น digital ทำให้เครื่องเกิดความผิดพลาดในการวัดประมาณ 50 g (Banjong, 1993) หรืออยู่ในช่วงระหว่าง ± 25 และตัวอย่างมะพร้าวที่นำมาตรวจสอบสมการนั้น เป็นมะพร้าวที่ลักษณะค่อนข้างอ่อนทำให้ค่าแรงที่ใช้ตัดเนื้อนั้นมีค่าน้อย ซึ่งเมื่อนำค่าความผิดพลาดรวมไปด้วย ทำให้ความผิดพลาดมีค่าสูง แต่ถ้าเป็นมะพร้าวที่ไม่อ่อนมากนักและต้องการแรงที่ใช้ในการตัดสูง เมื่อบวกค่าความผิดพลาดลงไป เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะไม่มากเท่ามะพร้าวที่มีลักษณะอ่อน

เอกสารอ้างอิง

-2529.มะพร้าว น้ำหอม ทำยาคัด. เกษตรวันนี้ 5(60): 44-46
- กลุ่มเกษตรสัญจร. 2531. มะพร้าว น้ำหอม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. 63หน้า.
- ฉันทนา ศรีคำ. 2512. วิวัฒนาการของมะพร้าว. ใน คณะนิสิตที่เรียนวิชาพืชไร่นา (บรรณาธิการ). วิวัฒนาการพืชปลูก. หน้า 286-293. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณรงค์ รอมเกล้า. 2530. เชื้อพันธุ์มะพร้าว. ผู้แต่งจัดพิมพ์เอง.
- สนธยา สมบูรณ์ทรัพย์ . 2528 . การปฏิบัติบางอย่างหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพของมะพร้าวอ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Aubert, S. and Dumas de Vaulx, R. 1977. Non-destructive firmness test for evaluation of the maturity of melons. Annales de technol. Agric. 26(3):243.
- Balce, S. 1956. A survey of potential industrial products of the coconut. Paper read at the Symposium on Problems of Coconut Plantation and Industry, Eight Pacific Science Congress, Nov. 1953, Quezon City, 23pp.
- Banjong, K. 1993. KMITL Food Texture Measuring Instrument. In the proceeding of workshop on engineering properties of foods. 20-22 September 1993, Asian Institute of technology.
- Bellamy, W.L., Nelson, S.O., and Leffler, R.G. 1984. Development of a time-domain reflectometry system for dielectric properties measurement. Paper No. 84-3584 presented at annual meeting, Am. Soc. Agric. Eng., New Orleans, La., Dec.

- Bernstein, Z. and Lustig, I.1981.A new method of measurement of grape berries and other juicy fruit. Vitis 20(1):15.
- Birth, G.S.,Dull, G.G.,Magee, J.B.,Chan, H.T.,and Cavaletto, C.G.1984. An optical method for estimating papaya maturity. J. Am. Soc. Hort. Sci. 109:62.
- Birth, G.S.,Dull, G.G. Renfroe,W.T.,and Kay, S.J.1985. Nondestructive spectrophotometric determination of dry matter in onion. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110:297.
- Brach, E.J.,Phan, C.T.,Poushinsky, G.,Jasmin, J.J.and Aube,C.B.1982. Lettuce maturity detection in the visible (380-720 nm) far red (680-750 nm) and near infrared (800-1850 nm) wavelength band (*Lactuca sativa*). Agron. sci. prod. veg. et de l'environ.2:685.
- Child, R.1984.Coconut.2d ed. London: Longman., 335pp.
- Chuma, Y.,Shiga, T.,Morita, K.1980.Evaluation of surface color of Japanese persimmon fruit by light reflectance. (Mechanized grading systems). J. Soc. Agric. Machinery, Japan 42(1).
- Chuma, Y.,Morita, K.,and McClure, W.F.1981.Application of light reflectance properties of Satsuma oranges to automatic grading in the packing house line. Relationship between grading index and spectral reflectance. J. Faculty Agric., Kyushu Univ. 26(1):45.
- Clark, R.L. and Shackelford, P.S.1973.Resonance and optical properties of peaches as related to flesh firmness. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 16:1140.

- Cooke J.R., and Rand R.H.1973. A Mathematical study of resonance in intact fruits and vegetables using a 3-media elastic sphere model. J. Agric. Eng. Res. 18(2):141.
- Csabaffy, A.1984. Attempts to elaborate a nondestructive optical method measuring cherry ripeness. Acta Alimentaria 13(1):83.
- Dull, G.G.1986.Nondestructive evaluation of quality of stored fruits and vegetables. Food Tech. 40(5):106-110.
- Funnell J.F.M.1978. Use of Durometer to assess onion bulb hardness. Exp. Agric. 14(3):269.
- Finney, E.E. Jr. 1970. Mechanical resonance within Red Delicious apples and its relation to fruit texture. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 13:177.
- Finney, E.E. Jr. and Norris, K.1973. X-ray images of hollow heart potatoes in water. Am. Pot. J. 50(1):1.
- Forbus, W.R. Jr., Senter, S.D., and Wilson, R.L.1985. measurement of tomato maturity by delayed light emission. J. Food Sci. 50:750.
- Gross, J. and Furry, R.B.1972. In vivo fluorescence spectroscopy of chlorophyll in various unripe and ripe fruit. Photochem. Photobiol. 37(2):195.
- Kader, A.A., Morris L.L., and Chen, P.1978. Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103:70.
- Lenker, D.H. and Adrain, P.A.1976. Use of X-rays for selecting mature lettuce heads. In : Quality Detection in Foods, J.J. Gaffney. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.

- Mehlschau, J.J., Chen, P., Claypool, L.L., and Fridley, R.B. 1981. A deformer for non-destructive maturity detection of pears. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 24:1368.
- Miller, C.D. 1929. Proximate composition of young and mature coconut meat. Bullatin of the Bernice P. Bishop Meuseum 64. Honolulu, Hawai.
- Mohsenin, N.N. 1980 . Physical properties of plant and animal material. New York:Gordon and Breach Science Publishers. 742 pp.
- Moini, S. and O'brien, M. 1981. Reflectance as a tomato grade category standard. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 24:1066.
- Nattuvetty, V.R. and Chen, P. 1980. Maturity sorting of green tomatoes based on light transmittance through region of the fruit. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 23:515.
- Nelson, S.O. 1980. Microwave dielectric properties of fresh fruits and vegetables. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 23:1314.
- Nelson, S.O. 1983. Dielectric properties of some fresh fruit and vegetables at frequencies of 2.45 to 22 GHz. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 26:613.
- Pandalai, K. 1970. Coconuts: Composition and other properties of coconut water . Cited by Woodroof, J.G. 1970 . Coconut : Production , Processing, Products. Westport Connecticut : The AVI Publishing company , Inc.
- Peleg, M. and Bagley, E.B. 1983. Physical properties of foods. Westport Connecticut : The AVI Publishing company , Inc.
- Perry, J.S. 1977. A nondestructive firmness (NDF) testing unit for fruit. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 20:762.

- Philippine Coconut Authority.1979. Technical data handbook on the coconut : its products and by-products . a compilation . Quezon City. 324 pp.
- Porteous, R.L.,Miur, L.Y., and Wastie, R.L.1981. The indentification of diseases and defects in potato tubers from measurement of optical spectral reflectance. J. Agric. Eng. Res. 26(12):151.
- Sarkar,N. and Wolfe, R.R.1983. Potential of ultrasonic measurements in food quality evaluation. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 26:624.
- Scalliet, R.1973. A new instrument for color control. Use in the food industry. Ind. Aliment. Agric. 90:1187.
- Siligardi, M. 1982. Evaluation of apple color with a densitometer. Industrie Alimentari 21:608.
- Tyson, B.L.and Dull, G.G.1975.A method for selecting the optimum maturity distribution for mechanical harvesting of clingstone peaches for processing. HortSci. 10(3):237.
- Van Lancker, J.,Herregods, M.,and Degheele,D.1977. Modulus of elasticity of Golden Dilicious unpeeled apples and peel. Revue de L'Agriculture 30:723.
- Watada, A.E.,Abbot, J.A., and Finney, E.E. Jr.1976. Firmness of peach measured non-destructively. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101:404.
- Yamamoto, H.,Iwamoto,M.,and haginuma,s.1981. Nondestructive acoustic impulse method for measuring internal quality of apples and watermelons. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 50(2):247.

הכנת

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมีเพื่อใช้ในการวัดคุณสมบัติของมะพร้าวอ่อน

การเตรียมสารเคมี

เตรียมสารละลายมาตรฐาน 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ เตรียมจาก NaOH 4 g ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ทำการเตรียม 2 ครั้ง แล้วนำสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้ผสมกัน เก็บในขวดแก้วสีชาที่มีฝาเกลียว นำมาหาความเข้มข้นมาตรฐาน โดยชั่ง potassium phthalate ($K_2HC_8H_4O_4$) ที่ผ่านการอบที่ $120^{\circ}C$ ประมาณ 0.30 g ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml หยด Phenolphalein 3 หยด ไปไทเทรตกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ คำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน} = \frac{\text{กรัม } K_2HC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{ml.NaOH} \times 204.299}$$

แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ชื่อ _____ วันที่ทำการทดลอง _____

ตัวอย่าง มะพร้าวอ่อน

คำชี้แจง ให้นักทดสอบชิมตัวอย่างและบอกถึงความรู้สึกที่ได้รับจากการชิมโดยการกรอกคะแนน ตั้งแต่ 1-7 ลงในแบบสอบถามนี้ และเมื่อท่านชิมตัวอย่างหนึ่งๆแล้วกรุณาบ้วนปาก ก่อนชิมตัวอย่างต่อไป

1. ความหอมของน้ำมะพร้าว

1 = ไม่มีกลิ่น 3 = มีกลิ่นหอมเล็กน้อย
5 = มีกลิ่นหอมปานกลาง 7 = มีกลิ่นหอมมาก

รหัส	ระดับความหอม
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

3. ความแข็งของน้ำมะพร้าว

1 = เละ 3 = ค่อนข้างนิ่ม
5 = ค่อนข้างแข็ง 7 = แข็ง

รหัส	ระดับความแข็ง
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

2. รสชาติของน้ำมะพร้าว

1 = เปรี้ยว 3 = เปรี้ยวอมหวาน
5 = หวานอมเปรี้ยว 7 = หวาน

รหัส	รสชาติที่ปรากฏ
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

4. ความชอบโดยรวม

1 = ไม่ชอบเลย 3 = เฉยๆ
5 = ค่อนข้างชอบ 7 = ชอบ

รหัส	ระดับความชอบ
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

5. ข้อเสนอแนะ _____

ภาคผนวก ค

1. การวิเคราะห์ข้อมูลของการวัดเนื้อสัมผัส

ทำโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วย Lotus123 ซึ่งทำได้โดย ทำการ Import ข้อมูลที่วัดเนื้อสัมผัสเข้ามาโดยทำครั้งละ 1 ตัวอย่าง โดยทำการ Import เข้ามาทีละ 3 file เพราะแต่ละตัวอย่างทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นใช้ Function max(@ max) เพื่อหาจุดสูงสุดในแต่ละกราฟ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่างนั้นๆ

@max	2.4792	MAX	2.034	MAX	1.8737
Time	FORCE,KG	Time	FORCE,KG	Time	FORCE,KG
0	-0.0139	0	0.0396	0	-0.0139
0.1	-0.0139	0.1	0.0396	0.1	-0.0139
0.2	-0.0139	0.2	0.0396	0.2	-0.0139
0.3	-0.0139	0.3	0.0396	0.3	-0.0139
0.4	-0.0139	0.4	0.0396	0.4	-0.0139
0.5	-0.0139	0.5	0.0396	0.5	-0.0139
0.6	-0.0139	0.6	0.0396	0.6	-0.0139
0.7	-0.0139	0.7	0.0396	0.7	-0.0139
0.8	-0.0139	0.8	0.0574	0.8	-0.0139
0.9	-0.0139	0.9	0.0752	0.9	-0.0139
1	-0.0139	1	0.093	1	-0.0139
1.1	-0.0139	1.1	0.1464	1.1	-0.0139
1.2	-0.0139	1.2	0.1998	1.2	-0.0139
1.3	-0.0139	1.3	0.2711	1.3	0.0039
1.4	-0.0139	1.4	0.3601	1.4	-0.0139
1.5	-0.0139	1.5	0.4491	1.5	-0.0139
1.6	0.0039	1.6	0.5382	1.6	0.0039
1.7	0.0396	1.7	0.645	1.7	-0.0139
1.8	0.093	1.8	0.7519	1.8	-0.0139
1.9	0.1464	1.9	0.8765	1.9	-0.0139
2	0.2176	2	0.9834	2	0.0039
2.1	0.3067	2.1	1.108	2.1	0.0039
2.2	0.3957	2.2	1.1971	2.2	0.0039
2.3	0.5204	2.3	1.3217	2.3	0.0039
2.4	0.6272	2.4	1.4464	2.4	0.0039
2.5	0.7697	2.5	1.5532	2.5	0.0039

Time	FORCE,KG	Time	FORCE,KG	Time	FORCE,KG
2.6	0.8943	2.6	1.6779	2.6	0.0218
2.7	1.019	2.7	1.7847	2.7	0.0396
2.8	1.1614	2.8	1.8737	2.8	0.093
2.9	1.2861	2.9	1.9628	2.9	0.1464
3	1.4286	3	2.034	3	0.2354
3.1	1.571	3.1	1.9628	3.1	0.3067
3.2	1.6957	3.2	1.8559	3.2	0.4135
3.3	1.8381	3.3	1.7313	3.3	0.5204
3.4	1.9806	3.4	1.6244	3.4	0.6094
3.5	2.1231	3.5	1.4642	3.5	0.7163
3.6	2.2477	3.6	1.2683	3.6	0.8409
3.7	2.3546	3.7	1.1258	3.7	0.9478
3.8	2.4614	3.8	0.9834	3.8	1.0368
3.9	2.3902	3.9	0.8765	3.9	1.1436
4	2.3902	4	0.7697	4	1.2327
4.1	2.4792	4.1	0.7341	4.1	1.3395
4.2	2.3724	4.2	0.6984	4.2	1.4642
4.3	2.034	4.3	0.6628	4.3	1.571
4.4	1.7491	4.4	0.645	4.4	1.6957
4.5	1.4464	4.5	0.645	4.5	1.8203
4.6	1.1793	4.6	0.645	4.6	1.8737
4.7	1.0368	4.7	0.645	4.7	1.8737
4.8	0.9656	4.8	0.645	4.8	1.7847
4.9	0.9299	4.9	0.6272	4.9	1.571
5	0.8943	5	0.6272	5	1.4107
5.1	0.8587	5.1	0.6272	5.1	1.1793
5.2	0.8587	5.2	0.6272	5.2	1.0724
5.3	0.8231	5.3	0.6272	5.3	1.0012
5.4	0.8053	5.4	0.6094	5.4	0.9121
5.5	0.7875	5.5	0.5916	5.5	0.7875
5.6	0.7697	5.6	0.5916	5.6	0.7163
5.7	0.7519	5.7	0.5916	5.7	0.6628
5.8	0.7519	5.8	0.5916	5.8	0.6272
5.9	0.7341	5.9	0.5738	5.9	0.6094
6	0.7163	6	0.5738	6	0.6094
6.1	0.6984	6.1	0.5738	6.1	0.5916
6.2	0.6984	6.2	0.5916	6.2	0.5738
6.3	0.6984	6.3	0.5916	6.3	0.5738
6.4	0.6628	6.4	0.5916	6.4	0.556
6.5	0.6806	6.5	0.5916	6.5	0.5738
6.6	0.6628	6.6	0.5738	6.6	0.5738
6.7	0.6628	6.7	0.5738	6.7	0.5738
6.8	0.6628	6.8	0.5382	6.8	0.556
6.9	0.6628	6.9	0.5026	6.9	0.556
7	0.645	7	0.4848	7	0.5738
7.1	0.6272	7.1	0.4491	7.1	0.5738
7.2	0.6272	7.2	0.4135	7.2	0.5738
7.3	0.6094	7.3	0.3779	7.3	0.5738
7.4	0.6094	7.4	0.6984	7.4	0.556
7.5	0.5916	7.5	0.6984	7.5	0.556

ค 1.1 แสดงค่าตัวอย่างที่ทำการ Import เข้ามา และผ่านการหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง แล้วจงค่าเฉลี่ยที่ได้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลดิบ

ป้อนข้อมูลดิบทั้งหมดลงในโปรแกรม Lotus พร้อมทั้งทำการใส่สูตร แล้วคำนวณหาค่าต่างๆ ซึ่งจะแสดงได้ในตาราง ค 2.1

ตาราง ค 2.1 แสดงค่าข้อมูลดิบและการคำนวณสูตรในการวิเคราะห์คุณสมบัติภายนอก

SAMPCODE	a	b	c	cm.	cm.	cm ³	kg.	cm ³	g/cm ³	COLOR
	SHAPE			GHD	SPHERE	VOLg	WRIGHT	VOLd	DRHSITY	
1 457	18.75	16.75	17.45	17.63	0.9403	2756	2.24	2570	0.8716	5y5/6
2 259	15.70	14.65	16.20	15.50	0.9875	1765	1.82	1980	0.9192	2.5gy6/6
3	19.65	16.40	18.05	17.98	0.9152	2768	2.36	2720	0.8676	2.5gy6/6
4 875	18.95	16.45	16.65	17.31	0.9137	2686	2.15	2470	0.8704	5y5/6
5	19.55	16.30	18.00	17.90	0.9156	2721	2.38	2730	0.8718	5y5/6
6 965	19.00	16.50	16.85	17.42	0.9166	2710	2.23	2520	0.8849	2.5gy6/6
7	19.15	17.15	18.35	18.20	0.9503	2950	2.49	2810	0.8861	5y7/8
8	18.75	16.10	17.70	17.48	0.9324	2546	2.18	2510	0.8685	5y7/8
9	18.63	16.50	17.30	17.45	0.9369	2657	2.25	2540	0.8858	5y7/8
10 528	15.90	14.55	15.80	15.40	0.9688	1763	1.44	1810	0.7956	5y7/8
11	16.50	15.95	16.45	16.30	0.9878	2199	1.70	2100	0.8095	5gy6/6
12	16.95	16.50	17.30	16.91	0.9978	2417	1.87	2310	0.8095	5y5/6
13	18.65	16.85	18.05	17.83	0.9563	2774	2.00	2390	0.8368	5y7/8
14	17.20	15.55	15.10	15.92	0.9259	2179	1.64	2000	0.8200	5gy6/6
15	18.25	16.80	17.50	17.51	0.9593	2698	2.01	2440	0.8238	2.5gy6/6
16	16.75	16.70	16.70	16.72	0.9980	2447	1.91	2300	0.8304	5y5/6
17	18.35	16.50	17.60	17.47	0.9519	2617	1.98	2390	0.8285	5y7/8
18	17.20	15.00	16.40	16.17	0.9404	2027	1.31	2250	0.5822	5gy6/6
19	18.05	16.40	17.40	17.27	0.9568	2543	1.43	2200	0.6500	5gy6/6
20	17.75	16.00	11.35	14.77	0.8322	2380	1.39	2170	0.6406	2.5gy6/7
21	18.50	16.25	17.50	17.39	0.9401	2559	1.54	2440	0.6311	2.5gy5/8
22	18.10	15.45	18.30	17.23	0.9521	2263	1.43	2310	0.6190	2.5gy6/6
23	18.30	15.85	17.30	17.12	0.9355	2408	1.45	2310	0.6277	2.5gy6/6
24	18.35	15.70	17.40	17.11	0.9327	2369	1.34	2180	0.6147	2.5gy6/6
25	18.10	15.75	15.75	17.48	0.9660	2352	2.04	2820	0.7234	2.5gy7/6

SAMP CODE	a	b	c	cm.	cm.	cm ³	kg.	cm ³	g/cm ³	
	SHAPE			GMD	SPHERE	VOLg	WEIGHT	VOLd	DENSITY	COLOR
26	18.70	17.55	18.90	18.37	0.9825	3017	2.01	2900	0.6931	2.5gy6/7
27	17.85	18.70	18.65	18.40	1.0306	3270	1.89	2720	0.6949	2.5gy7/6
28	19.40	17.60	20.20	19.04	0.9812	3148	1.99	2850	0.6982	2.5gy6/6
29	18.05	17.63	18.25	17.97	0.9958	2939	2.05	2710	0.7565	2.5gy6/8
30	17.55	15.55	16.55	16.53	0.9419	2223	1.84	2100	0.8762	2.5gy7/6
31	16.90	16.20	16.95	16.68	0.9870	2323	1.96	2300	0.8522	2.5gy6/6
32	17.70	15.20	15.75	16.18	0.9142	2142	1.87	2110	0.8863	2.5gy6/6
33	16.50	15.90	16.55	16.31	0.9887	2185	1.86	2180	0.8532	2.5gy6/8
34	17.10	16.35	17.35	16.93	0.9899	2394	1.88	2210	0.8507	2.5gy6/8
35	16.05	16.00	16.15	16.07	1.0010	2152	1.86	2080	0.8942	2.5gy7/6
36	16.40	15.30	17.10	16.25	0.9908	2011	1.68	1950	0.8615	2.5gy7/6
37	14.88	12.51	13.51	13.60	0.9139	1220	1.22	1310	0.9313	2.5gy6/8
38	16.11	15.02	15.83	15.65	0.9712	1904	1.42	1920	0.7396	2.5gy6/6
39	16.07	15.64	15.55	15.75	0.9802	2059	1.58	1860	0.8495	2.5gy6/8
40	16.64	14.60	15.36	15.51	0.9321	1858	1.68	1880	0.8936	2.5gy6/6
41	16.11	14.88	15.83	15.60	0.9682	1868	1.67	1820	0.9176	2.5gy6/6
42	15.45	15.54	15.69	15.56	1.0071	1954	1.68	1910	0.8796	2.5gy6/8
43	16.45	13.13	14.79	14.73	0.8953	1485	1.40	1550	0.9032	2.5gy6/6
44	18.25	15.64	17.25	17.01	0.9322	2338	1.57	2150	0.7302	2.5gy6/6
45	14.55	13.22	14.22	13.99	0.9612	1332	1.27	1360	0.9338	2.5gy6/6
46	16.82	13.13	14.74	14.82	0.8811	1519	1.48	1660	0.8916	2.5gy6/8
47	16.11	15.17	15.45	15.57	0.9666	1942	1.52	1740	0.8736	2.5gy6/6
48	15.97	13.79	14.88	14.85	0.9301	1591	1.55	1670	0.9281	2.5gy6/6
49	16.16	14.46	15.73	15.43	0.9550	1770	1.65	1840	0.8967	2.5gy6/8
50	15.69	14.79	14.98	15.15	0.9655	1798	1.58	1750	0.9029	2.5gy6/6
51	14.17	12.08	13.79	13.31	0.9396	1083	1.27	1330	0.9549	2.5gy6/8
52	14.50	14.69	15.36	14.85	1.0238	1639	1.42	1710	0.8304	2.5gy6/8
53	15.21	12.42	13.41	13.63	0.8963	1229	1.21	1380	0.8768	2.5gy7/6
54	16.21	14.08	15.21	15.14	0.9341	1683	1.50	1760	0.8523	2.5gy6/6
55	15.26	13.03	13.60	13.93	0.9130	1357	1.29	1380	0.9348	2.5gy6/6

SANPCODE	a	b	c	cm.	cm.	cm ³	kg.	cm ³	g/cm ³	COLOR
		SHAPB		GWD	SPHRRB	VOLg	WBIGHT	VOLD	DENSITY	
56	16.21	14.79	15.92	15.63	0.9641	1857	1.74	1900	0.9158	2.5gy6/6
57	14.98	11.71	13.60	13.36	0.8920	1076	1.17	1290	0.9070	2.5gy7/8
58	15.92	13.93	14.93	14.90	0.9362	1618	1.52	1660	0.9157	2.5gy6/8
59	17.54	15.36	16.68	16.50	0.9408	2168	1.58	2120	0.7453	2.5gy7/6
60	14.64	13.93	14.93	14.49	0.9900	1488	1.40	1540	0.9091	2.5gy7/6
61	15.12	14.88	15.59	15.19	1.0049	1754	1.55	1710	0.9064	2.5gy6/8
62	17.92	14.46	14.98	15.72	0.8770	1963	1.60	1790	0.8939	2.5gy7/6
63	17.39	14.88	16.49	16.22	0.9327	2017	1.55	2030	0.7635	2.5gy7/6
64	14.93	13.98	15.40	14.76	0.9885	1528	1.54	1710	0.9006	2.5gy6/6
65	14.73	12.81	13.83	13.77	0.9347	1266	1.44	1630	0.8834	2.5gy6/6
66	13.75	11.91	12.81	12.80	0.9310	1022	1.24	1400	0.8857	2.5gy7/6
67	14.69	12.42	13.48	13.50	0.9189	1187	1.39	1540	0.9026	2.5gy6/8
68	16.45	13.79	15.04	15.05	0.9152	1639	1.54	2080	0.7404	2.5gy7/6
69 952	14.18	12.77	13.51	13.47	0.9502	1211	1.47	1590	0.9245	2.5gy7/8
70	15.59	12.42	14.14	13.99	0.8973	1260	1.41	1670	0.8443	2.5gy8/8
71 875	16.25	14.65	15.12	15.33	0.9431	1827	1.51	1980	0.7626	2.5gy7/8
72	15.27	12.73	13.63	13.84	0.9062	1296	1.43	1650	0.8667	2.5gy7/6
73	13.40	11.95	12.38	12.56	0.9375	1002	1.26	1380	0.9130	2.5gy6/6
74	15.47	12.54	13.91	13.92	0.8999	1274	1.50	1660	0.9036	5gy6/6
75	15.00	12.73	13.71	13.78	0.9188	1273	1.39	1660	0.8373	5gy7/6
76	13.94	11.95	13.59	13.13	0.9419	1043	1.35	1480	0.9122	2.5gy6/6
77	13.98	12.62	13.09	13.22	0.9455	1166	1.34	1520	0.8816	2.5gy6/6
78 165	13.44	12.89	13.36	13.23	0.9842	1170	1.37	1470	0.9320	2.5gy6/6
79	16.45	11.80	15.35	14.39	0.8748	1200	1.47	2070	0.7101	2.5gy7/6
80 457	16.68	14.30	16.02	15.63	0.9373	1787	1.60	2110	0.7583	2.5gy7/6
81 285	14.80	12.97	13.79	13.83	0.9347	1304	1.46	1780	0.8202	2.5gy6/6
82	14.84	13.59	14.22	14.21	0.9574	1436	1.47	1820	0.8077	2.5gy7/6
83	15.00	13.36	14.22	14.18	0.9452	1402	1.60	1780	0.8989	2.5gy7/8
84	15.78	12.01	12.99	13.50	0.8555	1191	1.22	1690	0.7219	2.5gy7/10
85	14.31	10.73	11.86	12.21	0.8534	863	0.84	1260	0.6667	5y7/8

SAMPCODE	a	b	c	cm.	cm.	cm ³	kg.	cm ³	g/cm ³	COLOR
		SHAPE		GMD	SPHERE	VOLg	WEIGHT	VOLD	DENSITY	
86	13.97	13.33	13.77	13.68	0.9799	1299	1.42	1700	0.8353	5y7/6
87	16.02	11.76	12.84	13.42	0.8378	1161	1.14	1480	0.7703	2.5gy7/6
88	15.68	14.06	14.36	14.68	0.9364	1624	1.30	1750	0.7429	2.5gy7/8
89	13.97	12.30	12.99	13.07	0.9356	1107	1.08	1540	0.7013	5y7/8
90	16.32	12.01	13.48	13.82	0.8470	1232	1.05	1560	0.6731	2.5gy7/10
91	14.26	11.07	11.76	12.29	0.8620	916	0.98	1380	0.7101	2.5gy6/6
92	14.60	13.23	13.97	13.92	0.9534	1339	1.44	1730	0.8324	5y7/8
93	14.11	11.66	12.99	12.88	0.9127	1005	1.26	1340	0.9403	2.5gy7/6
94	14.85	13.03	12.25	13.33	0.8981	1321	1.37	1470	0.9320	2.5gy7/6
95	14.50	10.63	11.56	12.13	0.8361	859	1.06	1410	0.7518	2.5gy7/6
96	15.63	13.03	14.26	14.27	0.9128	1391	1.60	1740	0.9195	2.5gy7/6
97	14.46	14.26	12.10	13.56	0.9382	1539	1.43	1600	0.8938	2.5gy7/8
98	13.18	12.20	10.54	11.92	0.9044	1028	1.22	1290	0.9457	2.5gy7/6
99	15.04	13.18	13.57	13.91	0.9247	1369	1.44	1740	0.8276	5y7/6
100	15.93	14.11	13.82	14.59	0.9161	1661	1.49	1820	0.8187	5y6/8
101	15.48	11.76	12.69	13.22	0.8538	1122	1.13	1490	0.7584	2.5gy7/6
102	13.38	12.05	11.27	12.20	0.9122	1018	1.07	1350	0.7926	5y7/6
103	16.46	11.96	12.59	13.53	0.8220	1233	1.16	1560	0.7436	2.5gy7/8
104	15.79	11.47	12.93	13.28	0.8408	1088	0.96	1370	0.7007	2.5gy7/8
105	15.28	11.61	12.50	13.04	0.8536	1078	0.83	1300	0.6385	2.5gy7/6
106	15.70	13.72	15.18	14.84	0.9456	1549	1.58	1720	0.9186	2.5gy7/8
107	14.05	12.69	14.62	13.76	0.9793	1185	1.38	1500	0.9200	2.5gy7/8
108	12.88	11.99	11.05	11.95	0.9276	969	0.87	1180	0.7373	2.5gy6/6
109	16.36	12.93	14.34	14.47	0.8848	1431	1.40	1640	0.8537	2.5gy6/6
110	16.31	13.87	14.43	14.83	0.9094	1642	1.48	1720	0.8605	2.5gy7/8
111	15.89	14.24	14.01	14.69	0.9246	1688	1.38	1760	0.7841	5y7/8
112	15.89	14.10	14.05	14.66	0.9225	1654	1.35	1720	0.7849	5y7/8
113	15.18	13.82	14.57	14.51	0.9559	1518	1.57	1700	0.9235	2.5gy7/8
114	14.10	11.33	12.50	12.59	0.8931	948	0.74	1260	0.7460	2.5gy6/6
115	15.04	13.16	13.96	14.03	0.9330	1364	1.37	1540	0.8896	2.5gy7/8

SAMPCODE	a	b	c	cm. GMD	cm. SPHERE	cm ³ VOLg	kg. WEIGHT	cm ³ VOLd	g/cm ³ DENSITY	COLOR
116	13.25	10.67	11.66	11.81	0.8912	790	0.78	1100	0.7091	2.5gy6/6
117	14.95	11.80	12.03	12.85	0.8597	1090	1.01	1300	0.7769	2.5gy7/8
118	15.42	15.04	14.24	14.89	0.9659	1827	1.40	1750	0.8000	5y7/8
119	15.46	14.48	15.42	15.11	0.9773	1697	1.56	1850	0.8432	5y7/8
120	15.79	12.55	13.82	13.99	0.8859	1303	1.12	1550	0.7226	2.5gy7/6
121	15.84	12.83	13.68	14.06	0.8877	1366	1.13	1530	0.7386	2.5gy6/8
122	15.51	13.35	14.38	14.39	0.9275	1447	1.17	1640	0.7134	2.5gy8/6
123	14.76	13.25	13.96	13.98	0.9471	1358	1.46	1810	0.8066	5y7/8
124	16.69	13.77	14.99	15.10	0.9052	1657	1.27	1680	0.7560	2.5gy8/6
125	15.56	12.93	14.52	14.29	0.9188	1361	1.18	1480	0.7973	2.5gy8/6
126	15.93	12.74	14.62	14.37	0.9018	1354	1.31	1570	0.8344	2.5gy7/8
127	17.20	13.54	14.52	15.01	0.8726	1651	1.40	1640	0.8537	2.5gy7/10
128	16.83	13.96	15.23	15.29	0.9089	1717	1.55	1750	0.8857	2.5gy7/6
129	16.03	14.66	15.60	15.42	0.9622	1805	1.49	1750	0.8514	2.5gy7/10
130	17.44	14.29	16.45	16.00	0.9178	1865	1.62	1850	0.8757	2.5gy7/6
131	16.07	13.35	15.60	14.96	0.9307	1500	1.26	1700	0.7412	2.5gy7/8
132	16.03	13.68	14.38	14.66	0.9149	1570	1.44	1660	0.8675	2.5gy7/8
133	16.07	12.88	13.96	14.24	0.8861	1396	1.14	1590	0.7170	2.5gy8/8
134	16.22	13.96	15.04	15.04	0.9277	1655	1.23	1660	0.7410	2.5gy8/6
135	15.56	10.86	12.78	12.93	0.8308	961	0.81	1210	0.6694	2.5gy7/6
136	17.20	14.10	16.03	15.72	0.9141	1791	1.28	1690	0.7574	2.5gy7/6
137	16.12	14.01	14.95	15.00	0.9304	1657	1.31	1690	0.7751	2.5gy8/6
138	17.01	12.64	14.34	14.56	0.8555	1425	1.10	1590	0.6918	2.5gy7/8
139	14.40	12.92	13.95	13.74	0.9542	1258	1.29	1660	0.7771	2.5gy5/8
140	15.84	13.28	13.64	14.21	0.8969	1462	1.12	1640	0.6829	2.5gy7/6
141	14.81	13.19	12.83	13.58	0.9171	1348	1.50	1620	0.9259	2.5gy6/6
142	16.25	13.41	12.92	14.12	0.8690	1530	1.15	1530	0.7516	2.5gy8/8
143	14.94	12.38	14.18	13.79	0.9228	1198	1.44	1590	0.9057	2.5gy6/8
144	15.44	13.95	14.76	14.70	0.9525	1573	1.64	1780	0.9213	2.5gy6/8
145	14.72	13.19	13.46	13.77	0.9357	1340	1.49	1610	0.9255	2.5gy6/6

SANPCODE	a	b	c	cm.	cm.	cm ³	kg.	cm ³	g/cm ³	COLOR
	SHAPE			GMD	SPHERE	VOLg	WEIGHT	VOLD	DENSITY	
146	15.17	13.82	14.49	14.48	0.9548	1516	1.52	1790	0.8492	2.5gy6/8
147	15.48	13.95	14.94	14.78	0.9545	1578	1.54	1870	0.8235	2.5gy5/8
148	15.30	15.26	14.22	14.92	0.9749	1865	1.36	1820	0.7473	2.5gy6/8
149 875	15.74	13.68	14.78	14.71	0.9344	1543	1.48	1600	0.9250	2.5gy6/6
150 457	13.92	14.30	14.06	14.10	1.0126	1492	1.47	1550	0.9484	2.5gy6/8
151 259	17.47	15.60	16.94	16.65	0.9531	2227	1.87	2030	0.9212	2.5gy7/6
152 965	15.55	15.98	15.17	15.56	1.0008	2081	1.78	1940	0.9175	2.5gy7/6
153 528	17.76	14.74	15.41	15.92	0.8962	2020	1.72	1870	0.9198	2.5gy6/6
154 528	15.65	14.57	14.90	15.03	0.9605	1740	1.73	1860	0.9301	2.5gy7/8
155	16.54	14.24	16.50	15.72	0.9504	1757	1.86	2010	0.9254	2.5gy7/10
156 875	15.28	14.01	14.99	14.75	0.9655	1570	1.71	1850	0.9243	2.5gy6/8
157	16.59	14.66	16.22	15.80	0.9524	1869	1.94	2090	0.9282	5gy7/6
158 259	12.88	12.93	12.64	12.81	0.9951	1127	1.37	1450	0.9448	2.5gy6/6
159	14.62	13.63	14.29	14.17	0.9696	1422	1.61	1740	0.9253	2.5gy6/6
160	15.89	15.98	14.57	15.47	0.9735	2125	1.83	1990	0.9196	2.5gy6/6
161 457	14.76	14.19	14.15	14.36	0.9733	1557	1.70	1840	0.9239	2.5gy6/6
162	13.77	13.63	13.25	13.55	0.9839	1340	1.52	1620	0.9383	2.5gy6/8
163 965	15.23	13.77	14.99	14.65	0.9620	1513	1.28	1820	0.7033	5y7/8

ตาราง ค 2.2 แสดงค่าข้อมูลดิบและการคำนวณสูตรในการวิเคราะห์คุณสมบัติภายใน

SAMPCODE		cm. brix		pH	%		kg. OD	score
		THICK	TSS		ACID	TEXTURESENSORY		
1	457	0.720	6.95	5.09	0.0461	0.073	0.73	5.33
2	259	0.700	6.20	5.30	0.0375	0.182	2.12	3.97
3		0.550	6.85	5.51	0.0288	0.026	2.13	
4	875	0.550	6.65	5.39	0.0288	0.070	1.44	5.47
5		0.680	6.45	5.35	0.0375	0.035	1.37	
6	965	0.740	6.25	5.56	0.0346	0.117	2.04	4.03
7		0.780	6.20	5.34	0.0375	0.104	1.58	
8		0.760	6.80	5.20	0.0461	0.035	0.98	
9		0.820	6.40	5.48	0.0346	0.077	0.98	
10	528	0.920	4.95	5.59	0.0432	0.233	1.32	1.67
11		0.965	5.60	5.21	0.0548	0.125	2.20	
12		0.875	6.20	5.29	0.0461	0.055	1.94	
13		0.830	6.30	5.33	0.0605	0.117	1.76	
14		0.860	5.80	5.50	0.0461	0.102	1.02	
15		0.930	6.00	5.20	0.0577	0.062	1.24	
16		0.865	5.80	5.33	0.0548	0.096	2.01	
17		0.890	5.60	5.24	0.0577	0.100	1.50	
18		0.770	6.75	5.13	0.0519	0.347	3.60	
19		0.870	6.80	5.21	0.0519	0.180	2.87	
20		0.710	7.40	5.27	0.0490	0.118	3.11	
21		0.645	6.80	5.26	0.0490	0.093	4.20	
22		0.620	7.60	5.26	0.0461	0.293	2.79	
23		0.625	7.40	5.32	0.0404	0.102	2.73	
24		0.715	7.10	5.52	0.0375	0.125	4.23	
25		0.670	6.40	6.22	0.0231	0.151	2.47	

SAMPCODE	cm. brix		pH	%		kg. score	
	THICK	TSS		ACID	OD	TEXTURE	SENSORY
26	0.910	6.20	5.68	0.0375	0.066	3.00	
27	0.825	6.40	5.71	0.0404	0.131	3.01	
28	0.750	6.40	5.95	0.0317	0.115	2.51	
29	0.765	6.30	5.85	0.0346	0.183	2.23	
30	0.540	6.50	5.03	0.0490	0.078	0.41	
31	0.550	6.40	5.14	0.0519	0.076	0.37	
32	0.540	6.80	5.03	0.0605	0.023	0.23	
33	0.530	6.70	5.34	0.0346	0.090	0.66	
34	0.485	6.60	5.17	0.0490	0.031	0.50	
35	0.460	6.90	5.05	0.0519	0.170	0.39	
36	0.575	6.40	5.11	0.0490	0.102	0.29	
37	0.420	6.65	5.09	0.0519	0.076	0.57	
38	0.550	7.55	5.46	0.0490	0.048	1.55	
39	0.575	6.95	5.56	0.0375	0.111	1.10	
40	0.390	7.45	4.85	0.0663	0.057	0.18	
41	0.355	8.50	4.94	0.0577	0.501	0.09	
42	0.550	7.35	4.97	0.0807	0.104	0.66	
43	0.315	7.65	5.01	0.0548	0.065	0.15	
44	0.640	7.25	5.55	0.0461	0.135	*	
45	0.430	7.60	4.91	0.0750	0.094	0.12	
46	0.355	8.00	4.93	0.0634	0.308	0.03	
47	0.450	7.40	5.12	0.0577	0.100	0.31	
48	0.270	6.80	5.00	0.0634	0.153	0.19	
49	0.505	7.00	4.98	0.0577	0.049	0.24	
50	0.315	7.40	4.88	0.0605	0.053	*	
51	0.370	7.60	4.88	0.0836	0.063	0.08	
52	0.515	7.90	5.29	0.0548	0.061	0.53	
53	0.490	6.90	5.52	0.0259	0.146	0.59	
54	0.480	7.80	5.15	0.0461	0.069	0.95	
55	0.395	7.60	4.87	0.0807	0.052	0.19	

SANPCODE	cm. brix		pH	%		kg. score	
	THICK	TSS		ACID	OD	TEXTURE	SENSORY
56	0.055	8.40	4.82	0.1067	0.054	*	
57	0.580	6.40	6.05	0.0231	0.141	0.81	
58	0.425	7.35	4.94	0.0548	0.036	0.09	
59	0.580	7.15	5.73	0.0259	0.066	1.36	
60	0.310	7.10	4.91	0.0634	0.092	0.07	
61	0.405	7.10	4.85	0.0605	0.077	0.23	
62	0.470	8.00	4.93	0.0548	0.044	0.16	
63	0.580	8.05	5.38	0.0375	0.083	0.62	
64	0.395	8.00	4.92	0.0692	0.087	0.13	
65	0.400	6.80	5.14	0.0490	0.069	0.30	
66	0.405	7.20	4.96	0.0548	0.094	0.13	
67	0.380	6.80	4.96	0.0577	0.037	0.18	
68	0.550	7.40	5.57	0.0288	0.089	1.20	
69 952	0.385	7.00	5.01	0.0634	0.029	0.12	2.73
70	0.365	6.95	5.03	0.0519	0.052	0.19	
71 875	0.575	7.20	5.60	0.0288	0.101	0.58	5.07
72	0.350	7.20	4.93	0.0577	0.146	0.18	
73	0.435	6.30	5.18	0.0346	0.040	0.69	
74	0.465	7.00	4.93	0.0721	0.044	0.08	
75	0.500	6.40	5.58	0.0259	0.062	0.81	
76	0.420	7.20	4.96	0.0548	0.048	0.09	
77	0.440	7.00	5.04	0.0634	0.147	0.33	
78 165	0.400	7.40	5.04	0.0548	0.162	0.41	3.07
79	0.645	7.00	5.78	0.0231	0.051	0.88	
80 457	0.655	7.05	5.62	0.0259	0.053	1.30	5.07
81 285	0.535	7.00	5.16	0.0577	0.093	0.21	3.80
82	0.545	7.60	5.47	0.0346	0.101	0.81	
83	0.415	6.60	5.46	0.0519	0.051	0.56	
84	0.690	8.35	5.49	0.0461	0.109	2.48	
85	0.885	6.40	5.55	0.0461	0.222	3.07	

SAMP CODE	cm.	brix	pH	%	kg.	score
	THICK	TSS		ACID	OD	TEXTURESENSORY
86	0.575	7.00	5.55	0.0375	0.053	0.65
87	0.710	7.00	5.20	0.0605	0.112	5.39
88	0.785	7.25	5.75	0.0346	0.080	1.68
89	0.600	8.40	5.71	0.0317	0.097	0.81
90	0.810	6.60	5.32	0.0519	0.102	2.01
91	0.880	6.50	5.22	0.0548	0.154	1.92
92	0.470	7.25	5.56	0.0346	0.094	1.29
93	0.370	7.40	4.92	0.0663	0.041	0.11
94	0.380	8.00	4.96	0.0634	0.049	0.21
95	0.750	7.20	5.06	0.0634	0.157	3.98
96	0.435	7.65	5.06	0.0605	0.034	0.48
97	0.515	7.80	5.72	0.0317	0.026	0.70
98	0.400	7.40	4.91	0.0778	0.076	0.48
99	0.560	7.60	5.39	0.0432	0.072	1.20
100	0.670	6.90	5.46	0.0461	0.103	2.94
101	0.770	7.15	5.33	0.0519	0.051	4.69
102	0.720	7.50	5.30	0.0605	0.147	3.64
103	0.765	7.35	5.12	0.0548	0.077	3.64
104	0.635	7.05	5.27	0.0432	0.121	3.04
105	0.855	6.45	5.31	0.0432	0.138	2.75
106	0.465	7.65	5.21	0.0461	0.064	1.48
107	0.345	7.40	5.00	0.0548	0.072	0.56
108	0.810	7.15	5.35	0.0432	0.113	1.83
109	0.525	8.00	5.64	0.0346	0.055	0.83
110	0.500	8.00	5.67	0.0317	0.045	0.65
111	0.655	6.90	5.53	0.0404	0.071	0.56
112	0.525	7.30	5.46	0.0432	0.081	0.46
113	0.410	7.60	5.18	0.0461	0.075	0.58
114	0.770	7.10	5.32	0.0490	0.156	5.30
115	0.450	8.70	5.34	0.0461	0.066	0.76

SAMPCODE	cm. brix		pH	%		kg.	score
	THICK	TSS		ACID	OD	TEXTURESENSORY	
116	0.835	6.90	5.36	0.0432	0.320	3.56	
117	0.695	7.35	5.26	0.0490	0.123	3.68	
118	0.595	7.00	5.59	0.0404	0.131	2.26	
119	0.570	7.45	5.49	0.0404	0.124	1.03	
120	0.840	6.90	5.16	0.0519	0.113	2.77	
121	0.910	6.75	5.15	0.0577	0.098	3.82	
122	0.615	7.00	5.54	0.0346	0.058	1.41	
123	0.495	7.60	5.66	0.0375	0.108	1.68	
124	0.695	6.40	5.43	0.0375	0.078	1.25	
125	0.635	7.20	5.91	0.0288	0.085	1.13	
126	0.575	7.60	5.47	0.0231	0.070	0.85	
127	0.550	7.45	5.60	0.0346	0.091	0.64	
128	0.490	7.80	5.38	0.0432	0.077	1.27	
129	0.515	7.80	5.61	0.0317	0.055	1.44	
130	0.535	7.80	5.48	0.0375	0.053	1.02	
131	0.605	6.85	5.55	0.0432	0.078	1.82	
132	0.430	8.20	5.48	0.0346	0.067	0.75	
133	0.845	6.00	5.70	0.0346	0.066	1.50	
134	0.810	6.60	5.47	0.0404	0.101	1.49	
135	0.730	4.65	5.87	0.0432	0.090	2.87	
136	0.715	7.00	5.77	0.0346	0.089	1.40	
137	0.660	7.50	5.77	0.0346	0.055	2.93	
138	0.770	6.20	5.46	0.0346	0.075	1.68	
139	0.735	6.75	5.56	0.0461	0.045	2.39	
140	0.695	6.40	6.03	0.0288	0.034	1.20	
141	0.320	7.00	4.86	0.0692	0.017	0.43	
142	0.785	6.20	5.77	0.0346	0.084	1.70	
143	0.180	6.25	4.80	0.0721	0.027	*	
144	0.415	7.00	4.89	0.0605	0.010	0.47	
145	0.195	6.60	4.77	0.0894	0.019	*	

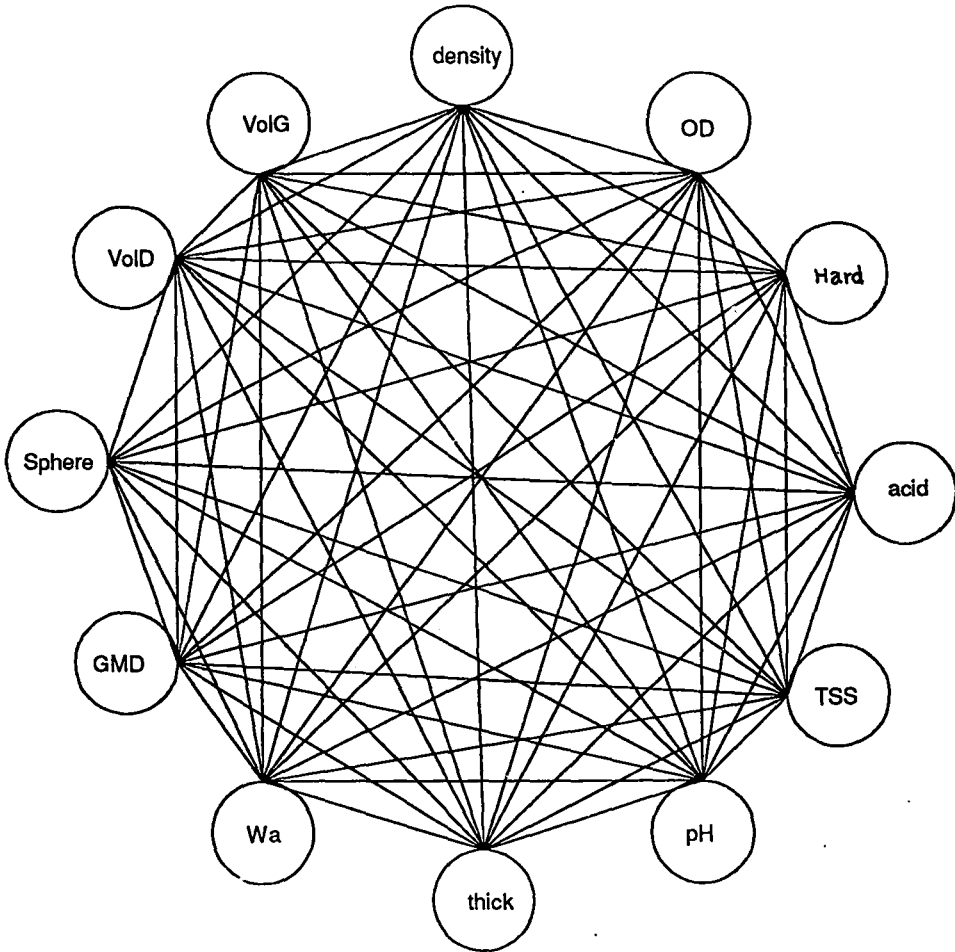
SAMPCODE	cm. brix		pH	%		kg. score		
	THICK	TSS		ACID	OD	TEXTURE	SENSORY	
146	0.520	8.60	5.07	0.0692	0.017	0.74		
147	0.530	8.20	5.43	0.0461	0.023	2.15		
148	0.760	7.40	5.47	0.0490	0.061	2.21		
149	875	0.410	6.10	5.01	0.0519	0.002	0.38	4.13
150	457	0.350	6.75	4.80	0.0605	0.006	0.51	3.87
151	259	0.540	7.00	4.92	0.0634	0.004	0.42	4.53
152	965	0.485	7.60	4.93	0.0721	0.002	0.67	4.27
153	528	0.415	7.60	4.91	0.0721	0.099	0.43	4.80
154	528	0.440	6.65	4.93	0.0548	0.013	0.33	4.33
155		0.510	6.90	4.98	0.0461	0.027	0.31	
156	875	0.355	6.90	4.81	0.0605	0.023	0.19	3.33
157		0.510	6.90	5.01	0.0490	0.011	0.42	
158	259	0.550	7.20	4.85	0.0634	0.009	0.43	3.40
159		0.310	6.80	4.82	0.0663	0.013	0.12	
160		0.405	6.90	5.00	0.0490	0.011	0.47	
161	457	0.475	7.30	5.02	0.0577	0.025	0.27	4.67
162		0.385	6.80	4.91	0.0634	0.021	0.26	
163	965	0.853	6.00	5.89	0.0375	0.065	0.65	3.80

พจนานุกรม * ไม่สามารถวิเคราะห์ซ้ำได้

3. การจัดตัวแปรเพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆของมะพร้าว

นำข้อมูลที่ทำการคำนวณทั้งหมดแล้วมาทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ซึ่งมีตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้

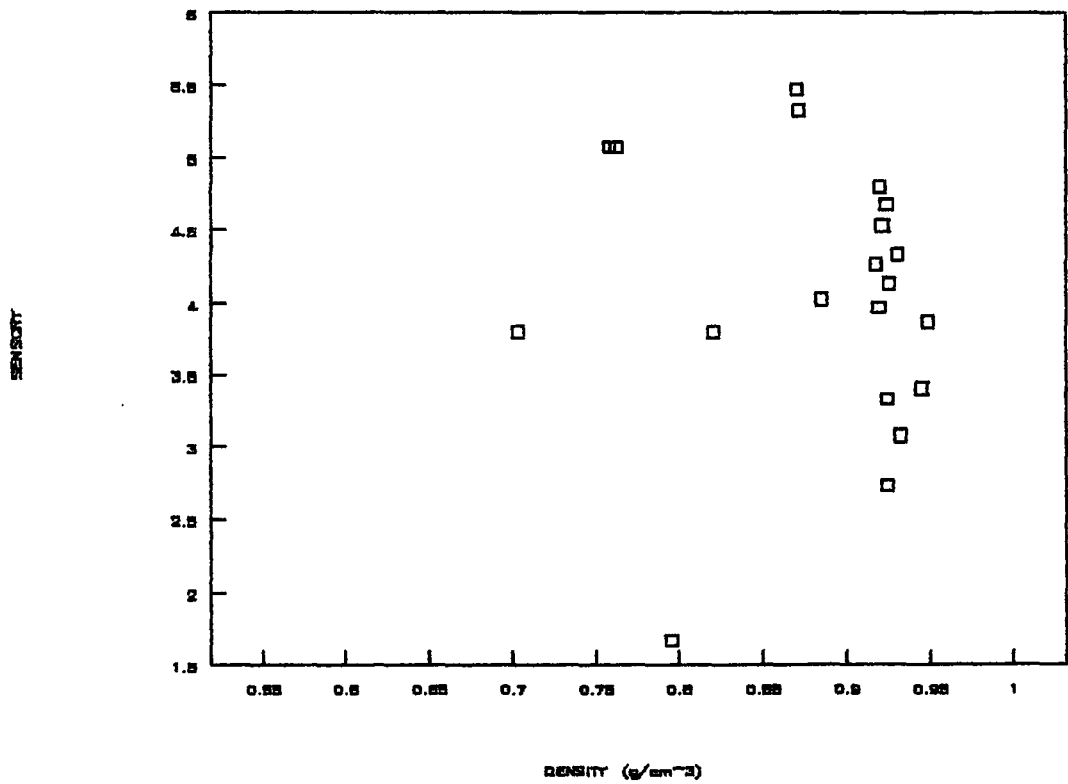
เป็น



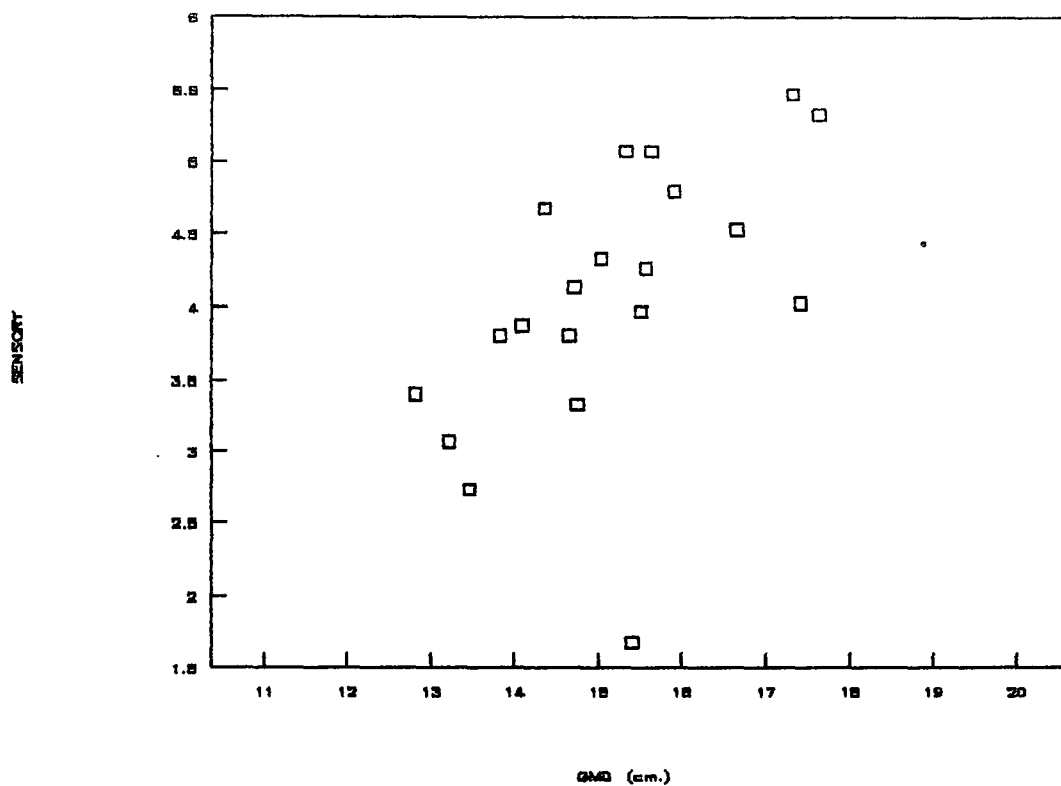
ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คะแนนความชอบโดยรวมกับกลุ่มตัวแปรต่างๆ

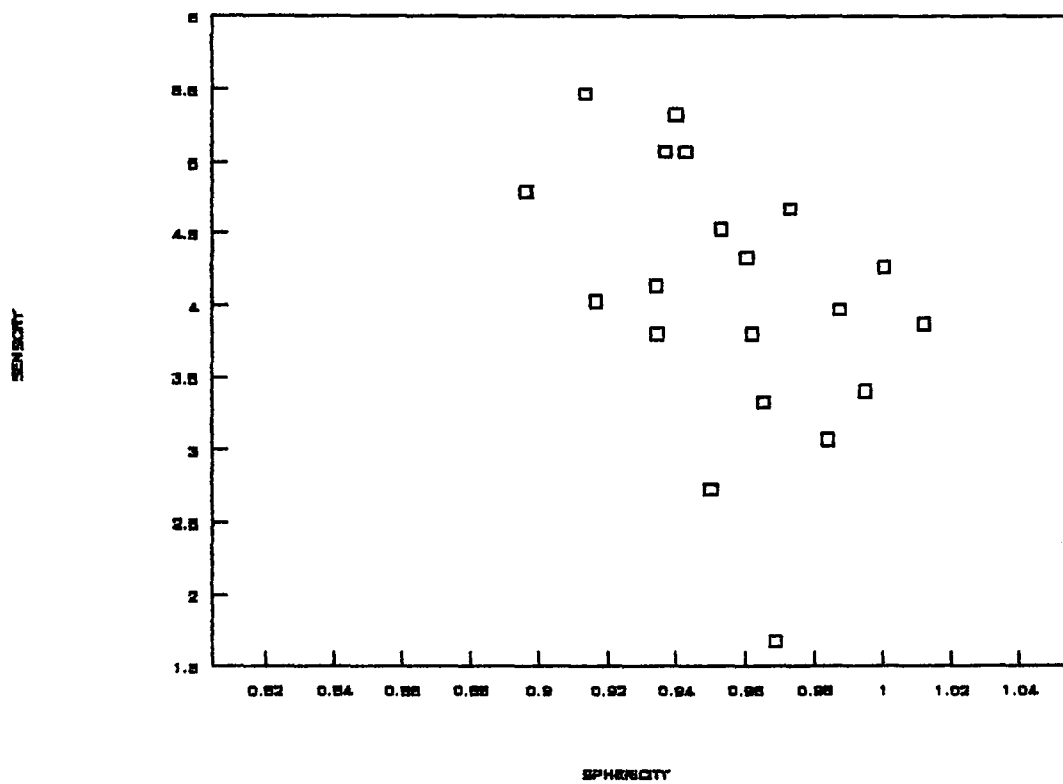
จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อมะพร้าวอ่อน และน้ำหนักแห้งของการยอมรับของผู้บริโภคกับกลุ่มตัวแปรต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ ดังกราฟ



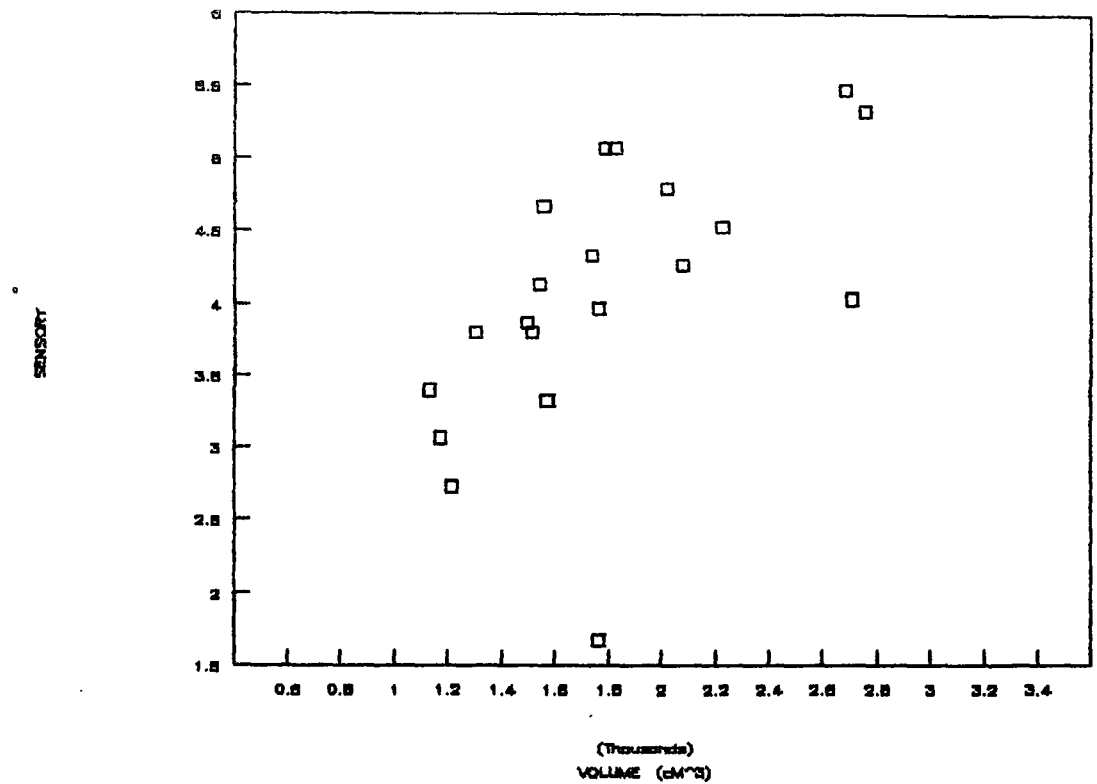
ง 1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับความหนาแน่นของผลมะพร้าว



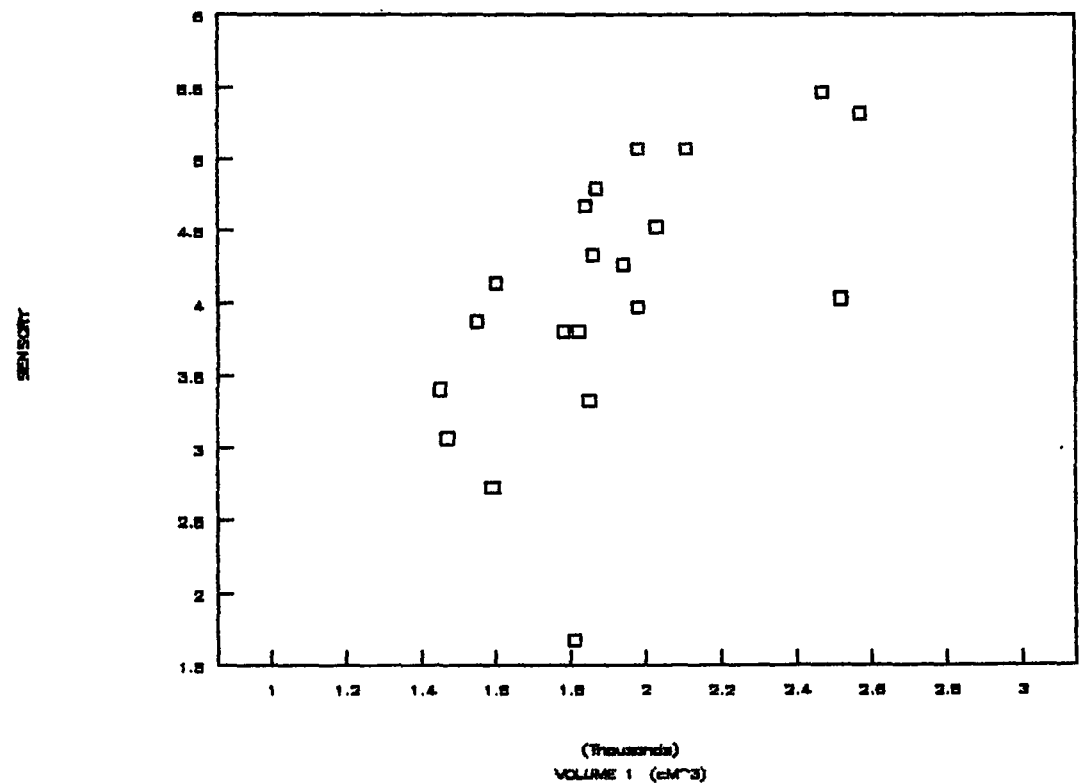
จ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับค่า GMD



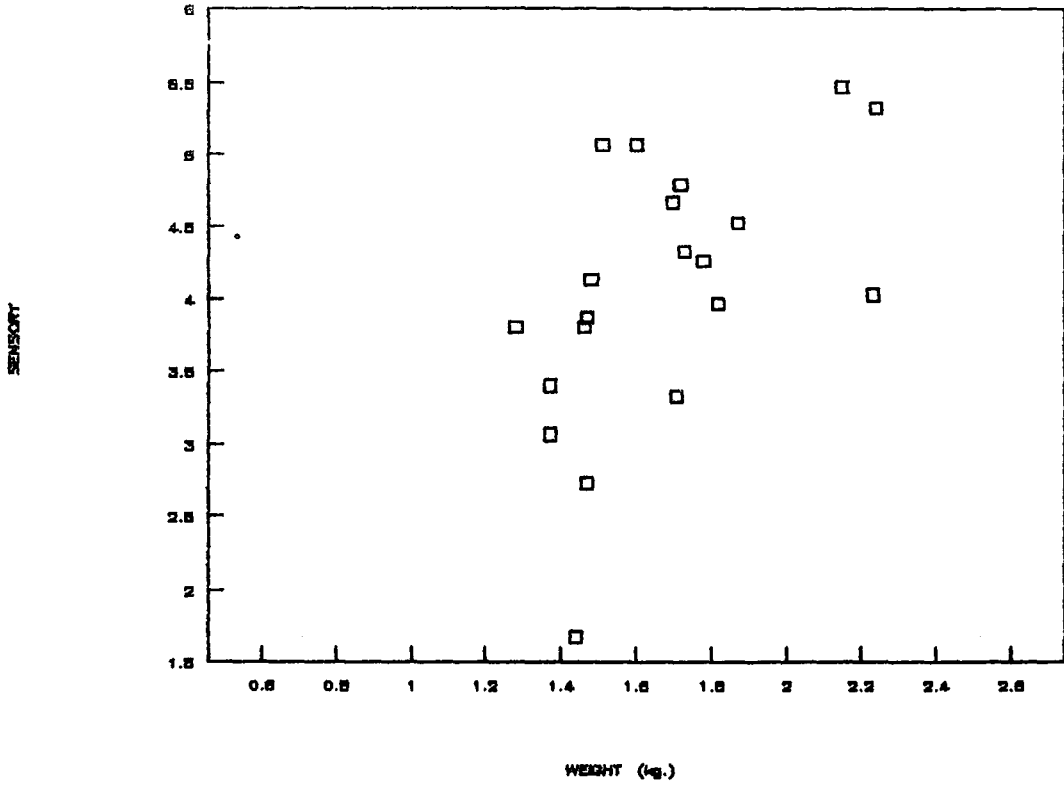
จ 3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับค่า Sphericity



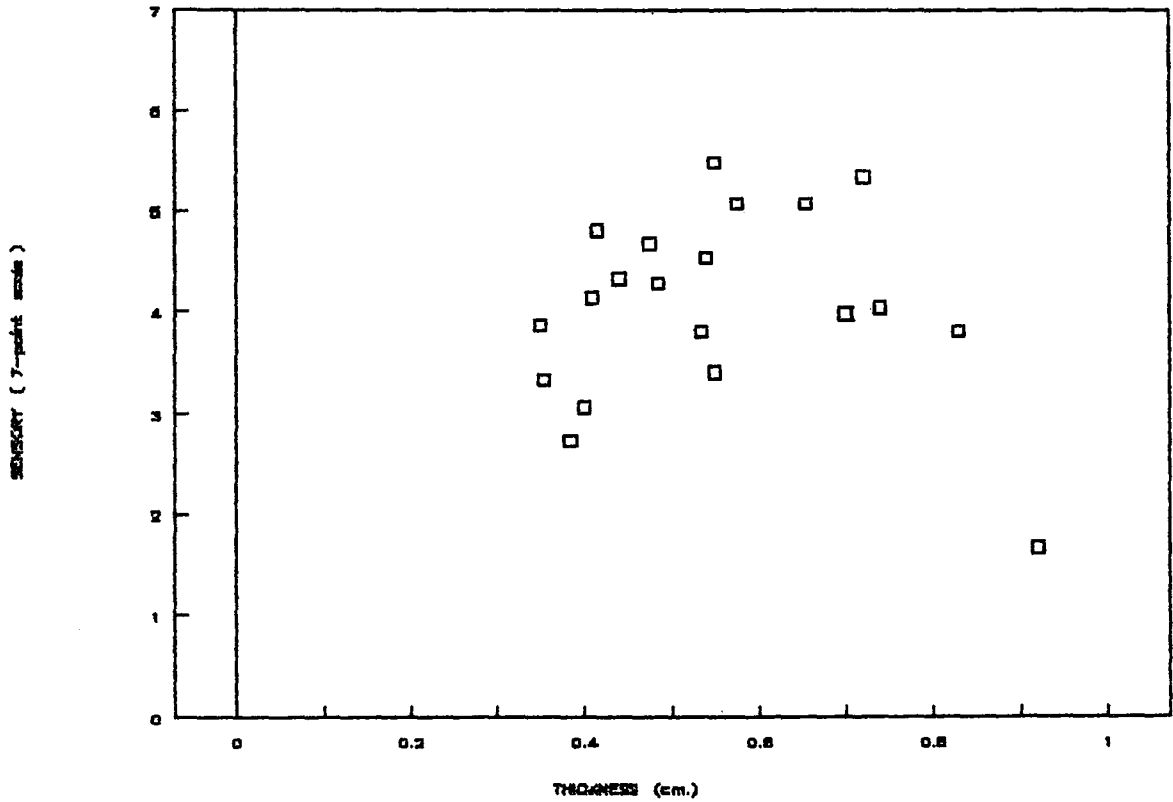
ง 4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับปริมาตรที่คำนวณได้จาก 3-axial dimension



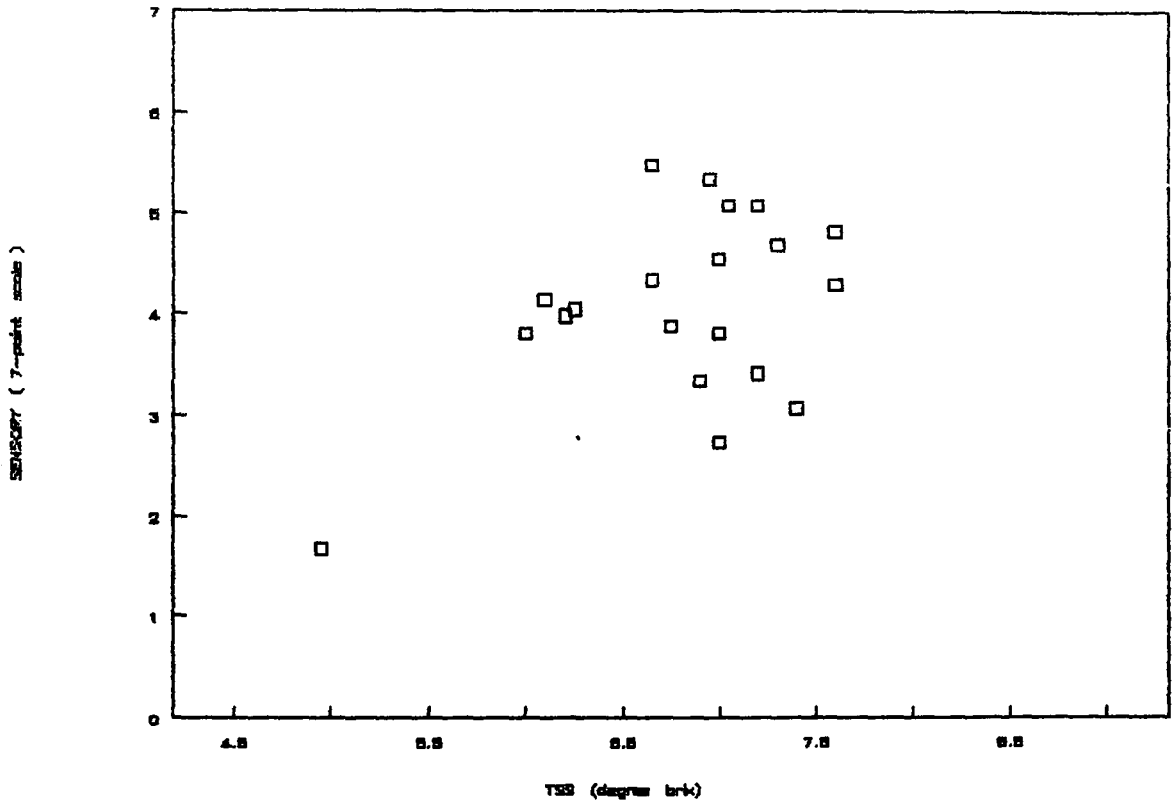
ง 5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับปริมาตรที่คำนวณได้จากความหนาแน่นของผลมะพร้าว



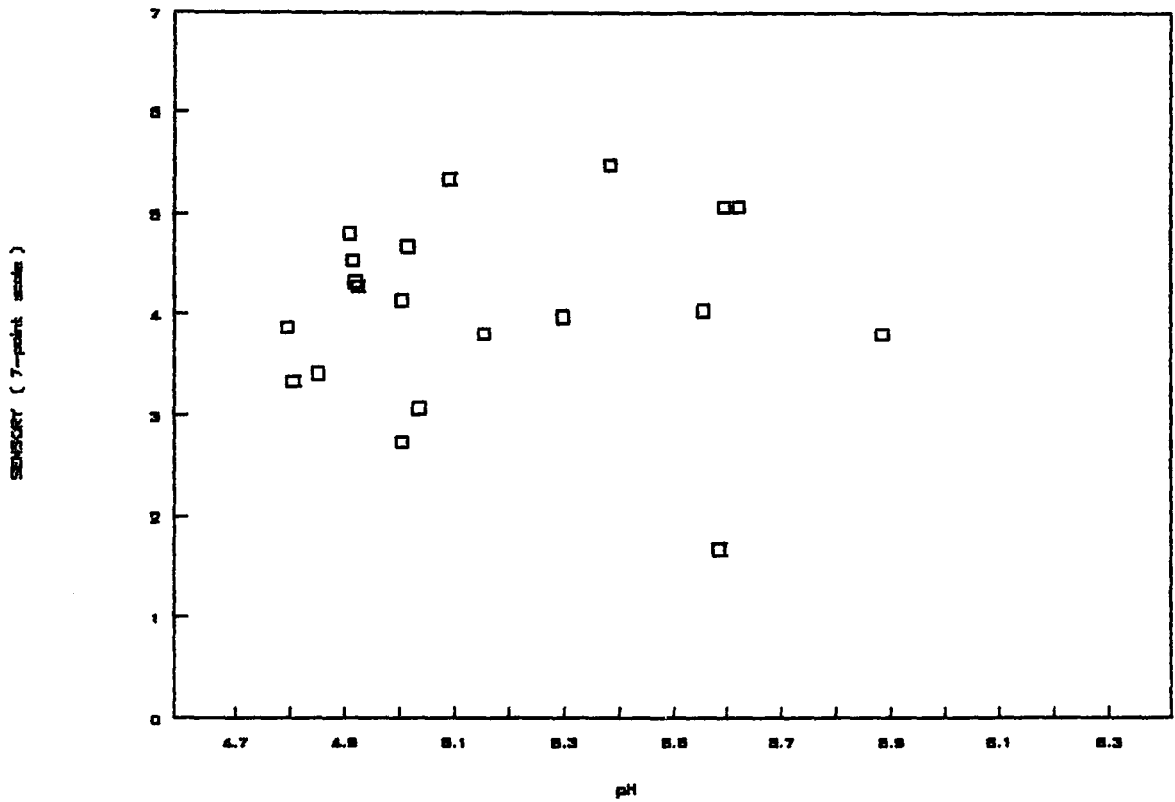
ง 6. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับน้ำหนักของผล



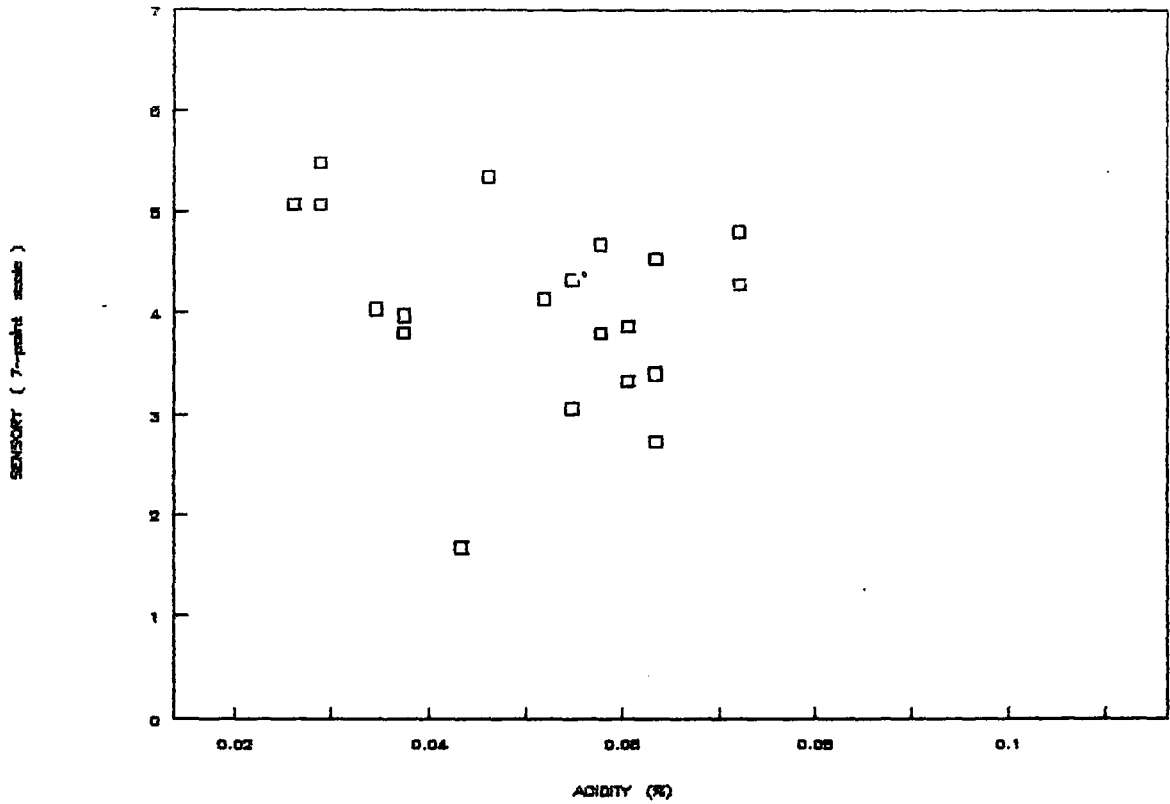
ง 7. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับความหนาของเนื้อมะพร้าว



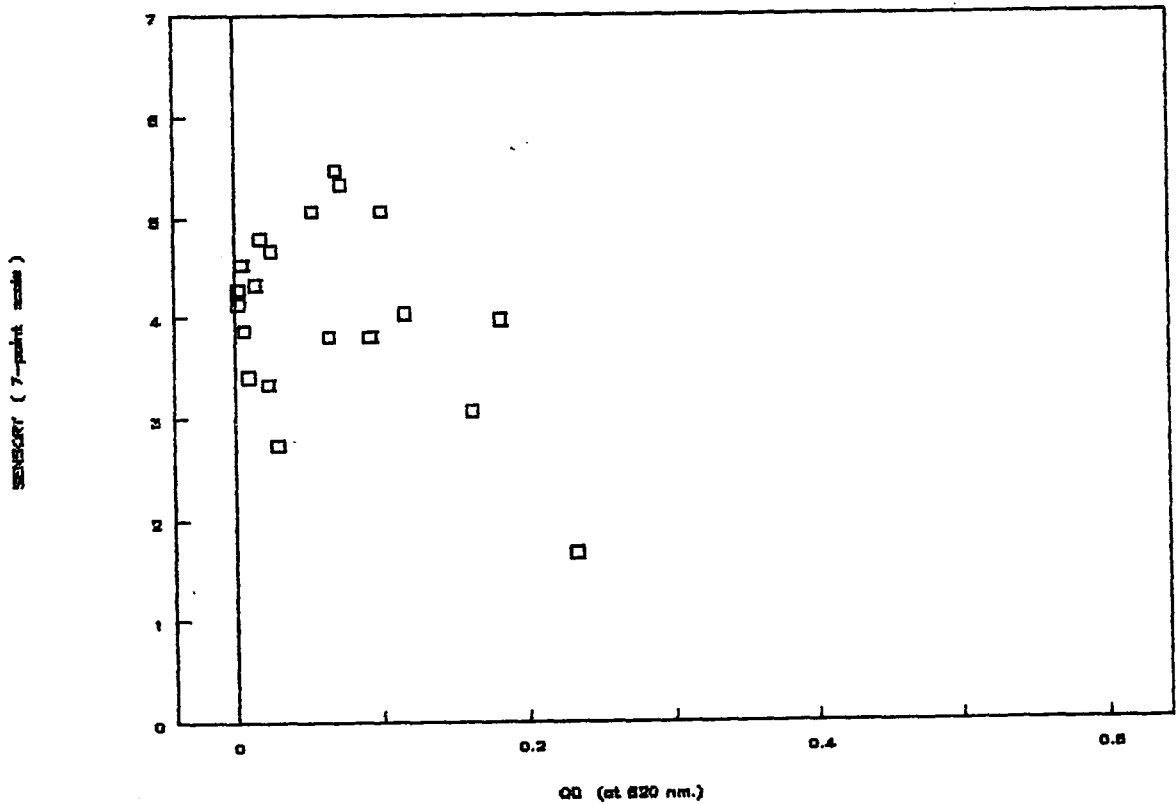
ง 8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ



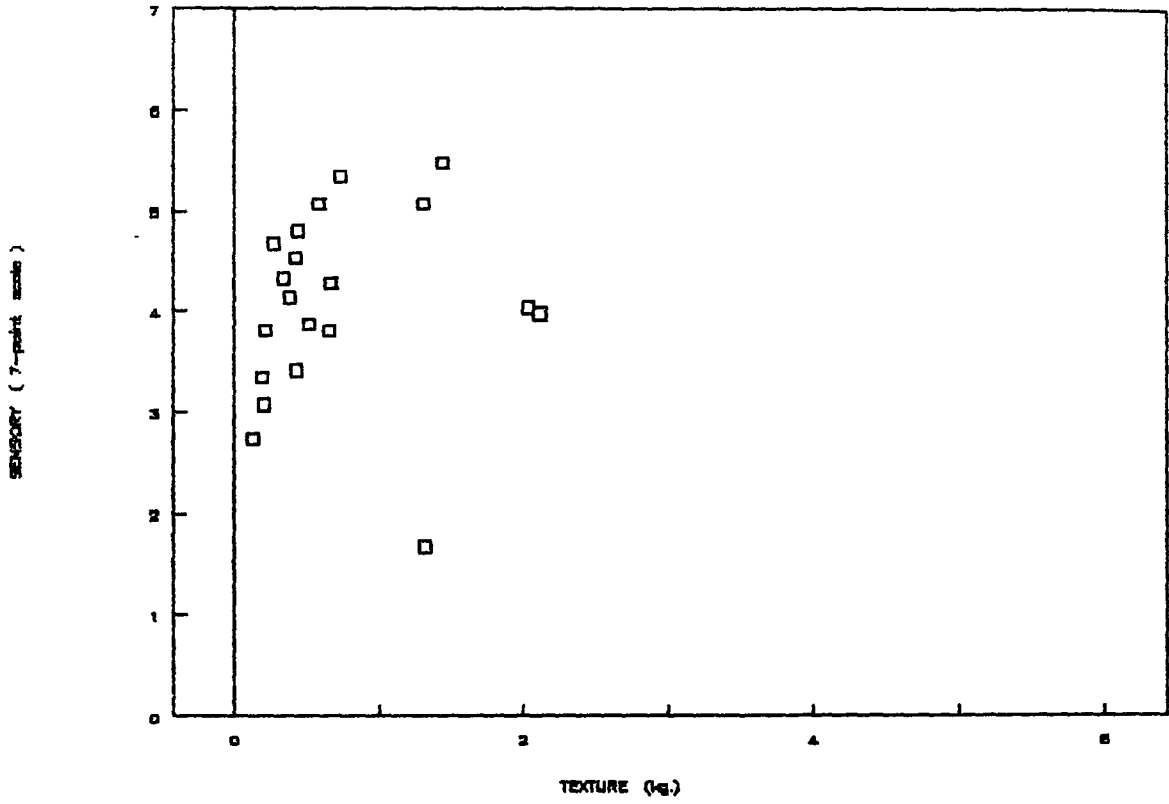
ง 9. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำมะพร้าว



ง 10. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดในน้ำมะพร้าว



ง 11. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับคุณสมบัติการยอมให้แสงผ่านของน้ำมะพร้าว



ง 12. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคกับความแข็งของเนื้อมะพร้าว

ภาคผนวก จ.

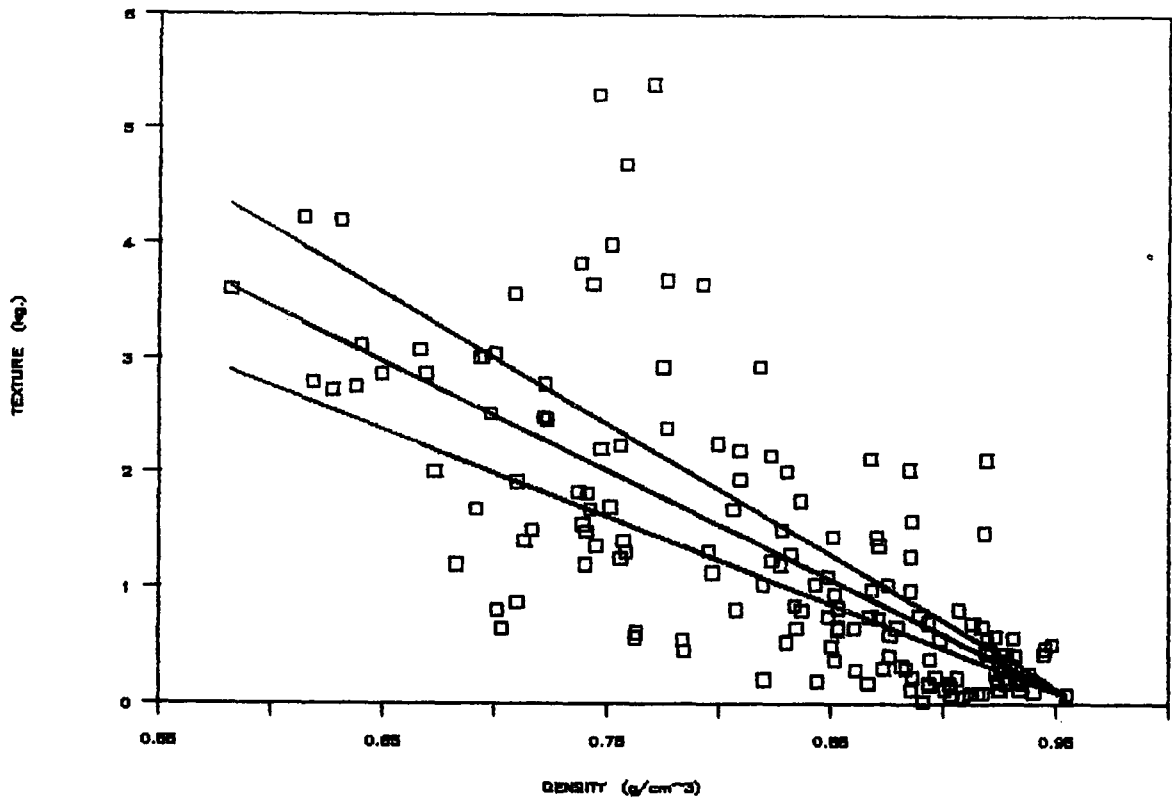
การวัดความผิดพลาดของสมการความสัมพันธ์

เมื่อทำการทดสอบยืนยันความถูกต้องของสมการโดยทดสอบกับมะพร้าวอ่อน 18 ผลและนำข้อมูลที่ได้อมาหาความผิดพลาดของสมการทั้ง 3 สมการ ผลการทดสอบความผิดพลาดของคุณสมบัติทั้ง 3 ประการ ได้แก่ ความหนาของเนื้อมะพร้าว, ความเป็นกรด-ด่างของเนื้อมะพร้าว, ความแข็งของเนื้อมะพร้าว แสดงได้ดังดังภาพที่ จ 1.

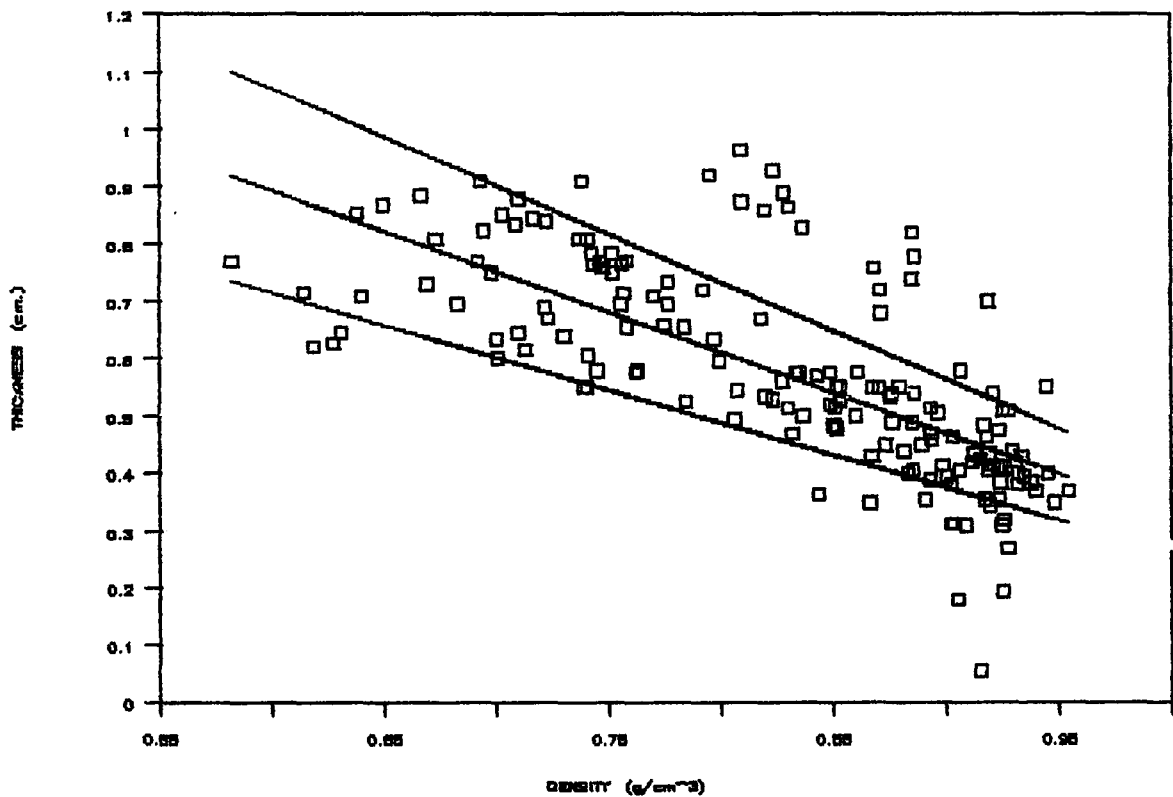
samp	g/cm ³ density	cm THICKNESS	cm THICK	error ² (cal)	pH	pH error ² (cal)	kg HARD	kg HARD	error ² (cal)	
1	0.9217	0.360	0.450	0.008	4.93	5.90	0.96	0.21	0.39	0.03
2	0.9252	0.285	0.445	0.025	4.89	5.89	1.01	0.19	0.36	0.03
3	0.8894	0.405	0.495	0.008	4.90	5.85	0.89	0.21	0.70	0.24
4	0.9363	0.390	0.429	0.002	4.86	5.89	1.06	0.17	0.26	0.01
5	0.9212	0.355	0.450	0.009	4.88	5.82	0.88	*	*	*
6	0.9177	0.255	0.455	0.040	4.89	5.81	0.85	*	*	*
7	0.9133	0.130	0.461	0.110	4.80	5.79	0.99	*	*	*
8	0.9125	0.280	0.463	0.033	4.83	5.80	0.96	*	*	*
9	0.8783	0.330	0.510	0.033	4.90	5.85	0.91	0.28	0.81	0.28
10	0.9336	0.350	0.433	0.007	4.95	5.91	0.93	0.30	0.28	0.00
11	0.9251	0.370	0.445	0.006	4.92	5.90	0.98	0.28	0.36	0.01
12	0.9149	0.300	0.459	0.025	4.86	5.84	0.97	0.17	0.46	0.08
13	0.8889	0.275	0.496	0.049	4.93	5.84	0.83	0.83	0.71	0.02
14	0.9221	0.435	0.449	0.000	4.92	5.91	0.97	0.12	0.39	0.07
15	0.9208	0.350	0.451	0.010	4.94	5.92	0.95	0.19	0.40	0.04
16	0.9286	0.240	0.440	0.040	4.83	5.90	1.16	*	*	*
17	0.8894	0.300	0.495	0.038	4.89	5.85	0.92	0.12	0.70	0.34
18	0.9042	0.255	0.474	0.048	4.86	5.80	0.90	*	*	*
ผลรวม		5.665		0.451	87.93		17.12	3.07		1.15
เฉลี่ย		0.315		0.671	4.89		4.14	0.26		1.07
RMSB				0.037			0.23			0.09
% ความผิดพลาด				11.851			4.71			34.91

หมายเหตุ : * = ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้

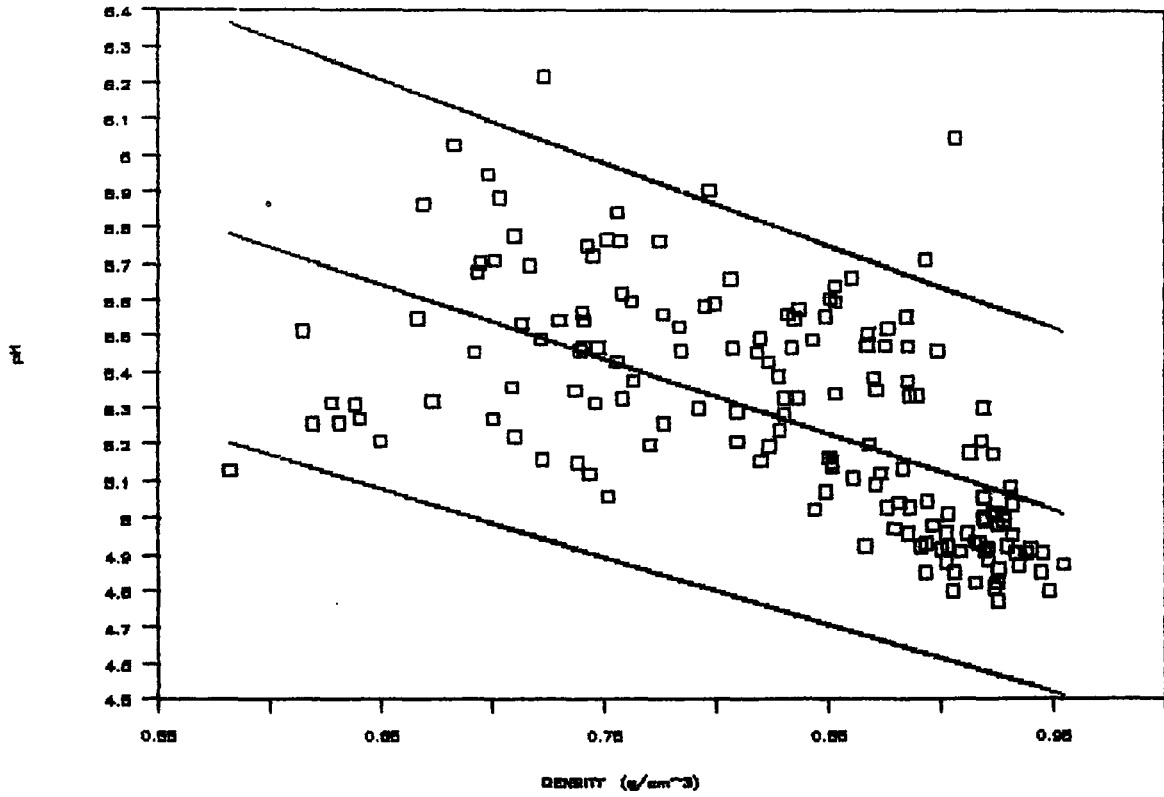
จ 1. แสดงความผิดพลาดจากการทดสอบสมการความสัมพันธ์



- จ 2. กราฟแสดงช่วงของความผิดพลาด 20 % จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของเนื้อมะพร้าวและความหนาแน่นของผลมะพร้าว



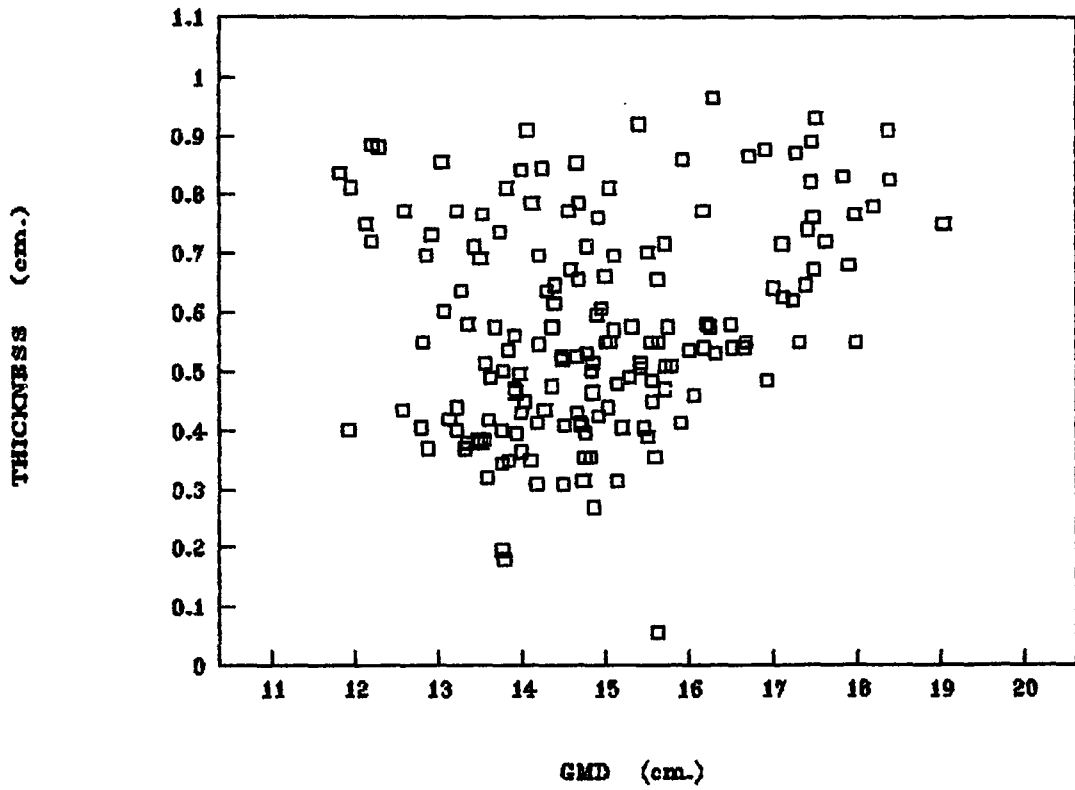
- จ 3. กราฟแสดงช่วงของความผิดพลาด 20 % จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของเนื้อมะพร้าวและความหนาแน่นของผลมะพร้าว



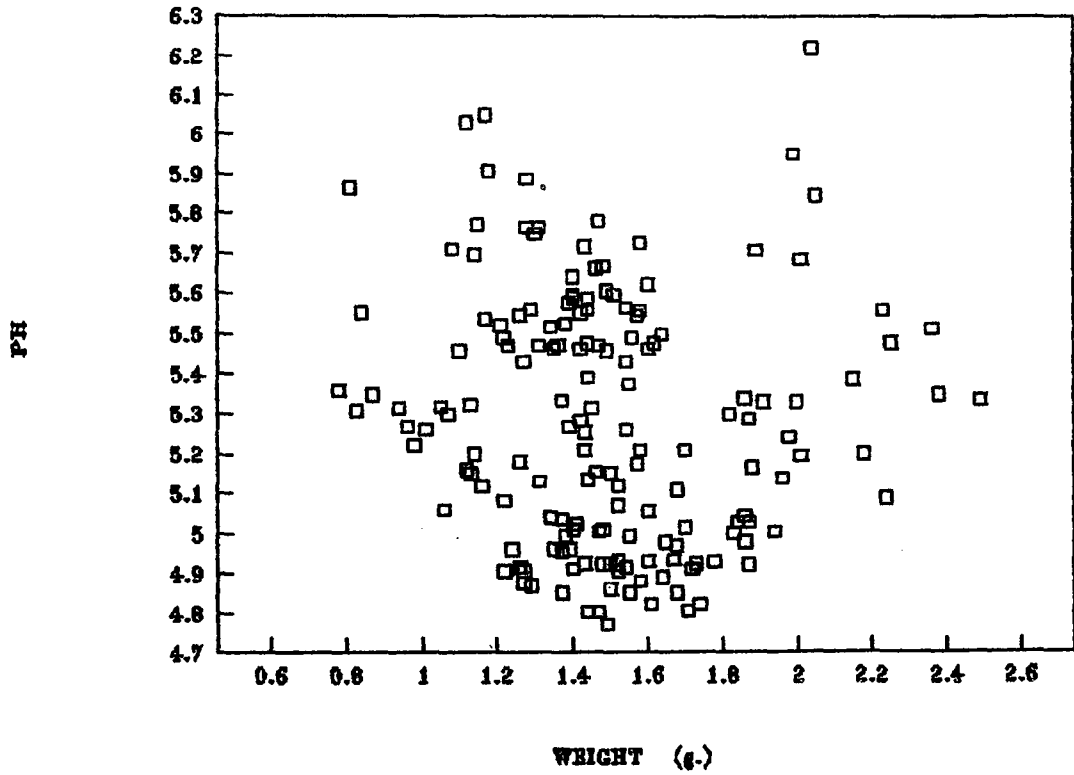
- จ 4. กราฟแสดงช่วงของความผิดพลาด 10 % จากสมการความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ ความหนาแน่นของผลมะพร้าว

ภาคผนวก ฉ

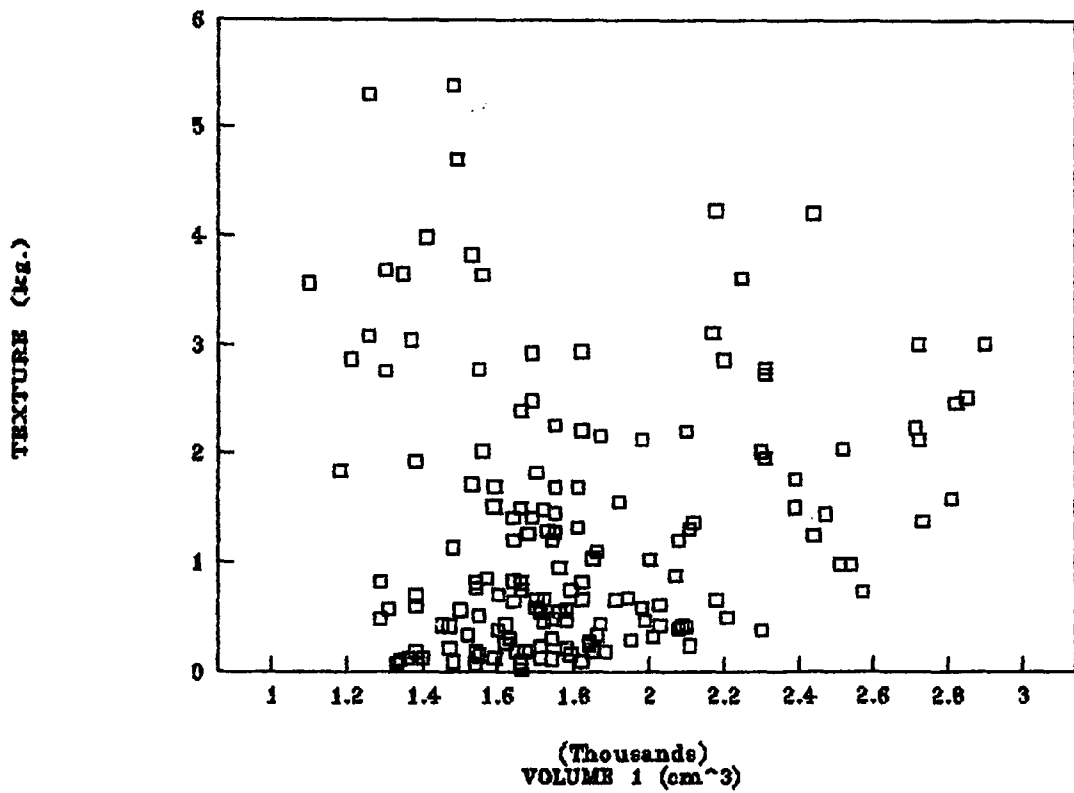
กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ



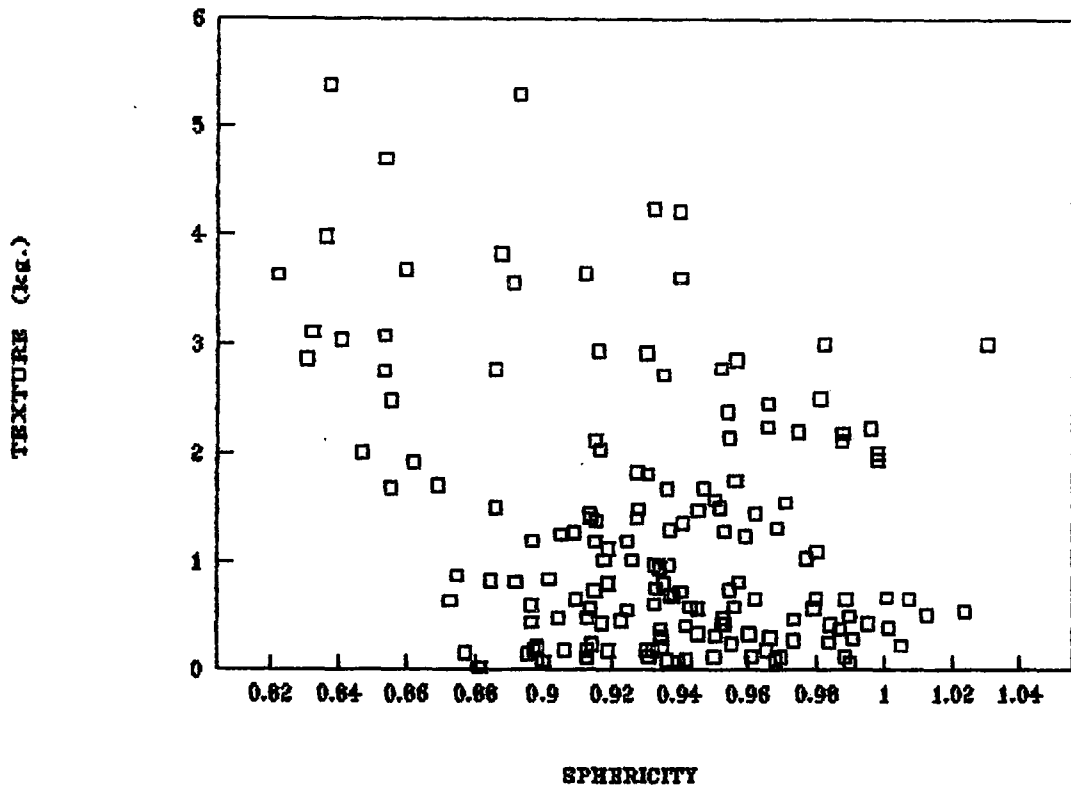
ฉ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง GMD กับความหนาของเนื้อมะพร้าว



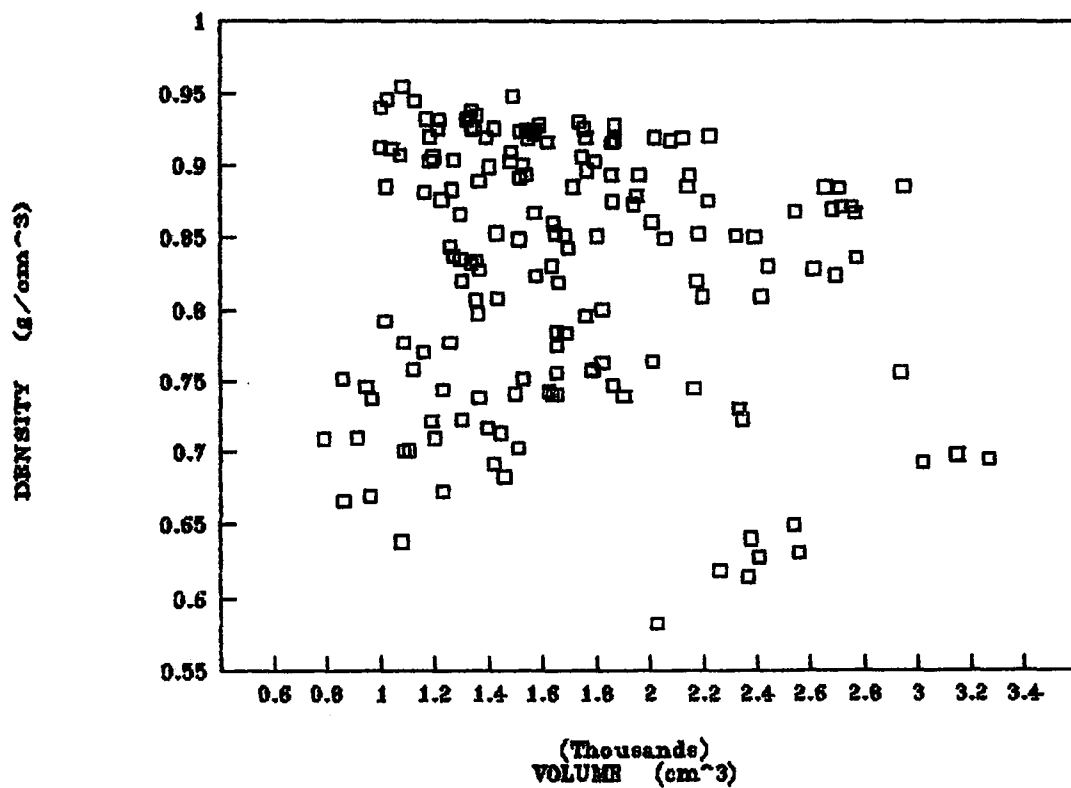
จ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำมะพร้าว



จ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VOL_D กับความแข็งของเนื้อมะพร้าว



ฉ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Sphericity กับความแข็งของเนื้อมะพร้าว



ฉ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VOLG กับ ความหนาแน่นของมะพร้าว

