

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อคัดแยกสับปะรด
(Application of Physical Properties for Pineapple Grading)



T096823

จัดทำโดย

นางสาวจุฑารัตน์	เลิศตะคุ	รหัสนักศึกษา	46041089
นางสาวภูริตา	แสงจันทร์	รหัสนักศึกษา	46041105
นายอรรถพร	ชูรัตน์	รหัสนักศึกษา	46041123

สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

รพ.
๑ 6๖1 ๗
๒๕๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 96823
วันเดือนปี..... - 4 JUN 2009

รಂಗการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

b. 11๗๗๘๗๖3
i.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

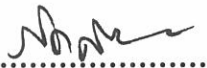
เรื่อง

การใช้คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อคัดแยกสับปะรด
(Application of Physical Properties for Pineapple Grading)

จัดทำโดย

นางสาวจุฑารัตน์	เลิศตะกู	รหัสนักศึกษา	46041089
นางสาวภูริตา	แสงจันทร์	รหัสนักศึกษา	46041105
นายอรรถพร	ชูรัตน์	รหัสนักศึกษา	46041123

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก


.....

23 / ๗ / ๒๕๕๐
...../...../.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

นางสาวจุฑารัตน์ เลิศตะคุ, นางสาวกฤษิตา แสงจันทร์, นายอรรถพร ชูรัตน์. 2549 การใช้คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อคัดแยกสับปะรด (Application of Physical Properties for Pineapple Grading) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

การคัดแยกสับปะรดโดยทั่วไปใช้วิธีการทดสอบโดยการเคาะเพื่อฟังเสียงสะท้อนโดยผู้ชำนาญ เสียงสะท้อนนี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความความสมบูรณ์ของเนื้อภายในของสับปะรด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการใช้คุณสมบัติทางกายภาพคัดแยกคุณภาพสับปะรด โดยใช้ ความถี่สั่นพ้อง ความหนาแน่น การวัดสีเนื้อใน การวัดสีเปลือก และมีการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าเปอร์เซ็นต์บrix โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางกายภาพต่างๆ ของสับปะรดที่มีคุณภาพน้ำกับไม่น้ำ จำนวน 120 ตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพระหว่างความถี่เสียงและความหนาแน่น กับดัชนีคุณภาพภายในที่ทำลายสับปะรด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L), ค่าสีแดง - เขียว (a), และเปอร์เซ็นต์บrix พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับดัชนีคุณภาพภายในสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความหนาแน่น แสดงว่าค่าความถี่เสียงเป็นดัชนี ที่แสดงคุณภาพภายในของสับปะรดได้ดีกว่าความหนาแน่น

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดแยกสับปะรดน้ำและไม่น้ำ โดยใช้ตัวอย่างสับปะรด 50 ตัวอย่าง และใช้วิธีการแจกแจงความถี่ด้วยฮิสโตแกรมพบว่า การคัดแยกสับปะรดโดยใช้ดัชนีที่ไม่ทำลายผลสับปะรดคือ ความถี่สั่นพ้อง ให้ประสิทธิภาพในการคัดแยก 66 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการใช้ค่าความหนาแน่นซึ่งมีค่าเท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้ความถี่สั่นพ้อง ให้ประสิทธิภาพดีกว่าความหนาแน่น

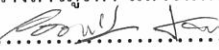
ส่วนดัชนีที่ทำลายสับประรดอีกสามประการคือ ค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน ค่าสีเขียว - แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรืคซ์ ได้ประสิทธิภาพในการแยก 84 40 และ 36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน มีประสิทธิภาพในการคัดแยกสูง แต่เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องทำลายสับประรดทำให้ไม่สามารถนำมาใช้คัดแยกสับประรดในทางปฏิบัติได้ แต่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีคุณภาพอ้างอิงที่มีความสัมพันธ์กับความน้ำ-ไม่น้ำได้ดี



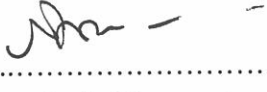
(นางสาวจุฑารัตน์ เลิศตะคุ)



(นางสาววรिता แสงจันทร์)



(นายอรรถพร ชูรัตน์)



(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

23 ส.ค. 2550

วัน/เดือน/ปี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ได้ให้คำปรึกษา และช่วยตรวจทานรายงานฉบับนี้ จนกระทั่งทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาห้องสมุดกลาง ห้องสมุดคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้แหล่งข้อมูลในการทำรายงาน และให้คำแนะนำในการค้นหาเอกสารต่าง ๆ รวมไปถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอด

นางสาวจุฑารัตน์ เลิศตะคุ

นางสาวภูริตา แสงจันทร์

นายอรรถพร ชูรัตน์

12 มีนาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฅ
บทที่ 1	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2	3
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสับประรด	3
2.2 ลักษณะทั่วไปของสับประรด	3
2.3 พันธุ์สับประรด	4
2.4 พื้นที่สำหรับปลูกสับประรด	4
2.5 มาตรฐานสับประรดโรงงาน	5
2.5.1 นิยาม	5
2.5.2 ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ	6
2.5.3 การแบ่งชั้นคุณภาพ	6
2.5.4 ข้อกำหนดเฉพาะเรื่องขนาด	6
2.5.5 ข้อกำหนดเรื่องการจัดเรียง	6
2.5.6 การบรรจุและขนส่ง	7
2.5.7 เอกสารประกอบการขาย	7
2.5.8 สารปนเปื้อน	7
2.5.9 สุขลักษณะ	7
2.5.10 เกณฑ์การชักตัวอย่างและการวิเคราะห์	7

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 ลักษณะสับปรดที่โรงงานต้องการ	7
2.6.1 ความสุกพอดี	8
2.6.2 สับปรดที่มีเนื้อภายในเน่าหรือซ้า	8
2.6.3 สับปรดเนื้อแกน	8
2.6.4 สับปรดแตกเผา	8
2.6.5 สับปรดที่มีสารตกค้างและสิ่งแปลกปลอม	9
2.6.6 สับปรดเก็บเกี่ยวไว้นานแล้ว	9
2.6.7 สับปรดลูกเล็ก	9
2.6.8 สับปรดที่มีรอยสัตว์ต่าง ๆ	9
2.7 คุณภาพสับปรดต่อการผลิตสับปรดกระป๋อง	9
2.7.1 สับปรดคิบ	9
2.7.2 สับปรดเนื้อแกน	9
2.7.3 สับปรดเน่า	10
2.7.4 สับปรดซ้า	10
2.7.5 สับปรดแตกเผา	10
2.7.6 สับปรดมีสารไนเตรท	10
2.7.7 สับปรดที่มีน้ำมัน / จาระบี / สี	10
2.7.8 สับปรดมีบาดแผล / หนูเจาะ	10
2.7.9 สับปรดมีขี้ - จุกติด	10
2.7.10 ลักษณะอื่นๆ	11
2.8 คุณสมบัติทางกายภาพ	11
2.8.1 เสียงก่าทอนหรือความถี่สั่นพ้องของเสียง	11
2.8.2 คุณสมบัติด้านสี	15
2.8.3 ความหนาแน่น	17
2.8.4 เปอร์เซนต์บริกซ์ (% Brix)	17
2.8.5 ความเป็นกรด - เบส (pH)	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	20
3.1 อุปกรณ์	20
3.2 ขั้นตอนและวิธีการ	21
3.3 การวิเคราะห์และแปรผลการทดลอง	25
บทที่ 4	26
4.1 การหาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคาะ	26
4.2 การเปรียบเทียบค่าดัชนีทางกายภาพที่ใช้ในการคัดแยกสับปะรด	28
4.3 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของดัชนีที่ใช้ในการคัดแยกสับปะรด	29
4.4 การหาประสิทธิภาพของความถี่เสียงกับดัชนีที่ทำลายสับปะรด	31
บทที่ 5	36
สรุปผลการทดลอง	36
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก.1	38
ภาคผนวก ก.2	44
ภาคผนวก ข.	46
ภาคผนวก ค.	55
ภาคผนวก ง.	60

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 : การแบ่งชั้นคุณภาพของสับปะรด	6
2.2 : ตัวอย่าง pH ของสารที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน	19
3.3 : ตารางแสดงความสัมพันธ์วัสดุที่ใช้ในการเคาะ	26
3.4 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงกับระยะทาง	27
3.5 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของดัชนีที่มีผลต่อสับปะรดน้ำ-ไม่น้ำโดยใช้วิธี t-test แบบ Paired Samples Test	28
3.6 : ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ (Correlations) ของดัชนีที่ใช้ในการแยกสับปะรดระหว่างปัจจัยที่ไม่ทำลายผลสับปะรด	29
3.7 : ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ (Correlations) ของดัชนีที่ใช้ในการแยกสับปะรดระหว่างปัจจัยที่ไม่ทำลายผลสับปะรดกับปัจจัยที่ทำลายผลสับปะรด	30
3.8 : ตารางแสดงประสิทธิภาพในการคัดแยกสับปะรดของปัจจัยต่าง ๆ	35

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 : ภาพแสดงความจำ, ไม่จำของสับปะรด	5
2.2 : ลักษณะการสันสะท้อนแบบอิสระ	12
2.3 : การสันแบบบังคับ	13
2.4 : ลักษณะการสันแบบอิสระอย่างมีความหน่วง	14
2.5 : ผลการตอบสนองของสี	15
2.6 : การดูดกลืนแบบเลือก (Selective absorbtion)	16
2.7 : เครื่องวัดสี Chromameter	16
2.8 : เครื่อง Refractometer	18
2.9 : เครื่อง pH meter	19
3.10 : รูปแสดงวัสดุที่ใช้ในการเคาะ	22
3.11 : เครื่องเคาะสับปะรด	22
3.12 : กราฟลักษณะความถี่เสียงที่เปล่งสัญญาณ	23
3.13 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เสียงของวัสดุที่ใช้ในการเคาะสับปะรด	26
3.14 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงกับระยะทาง	27
3.15 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความถี่เสียง	33
3.16 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความหนาแน่น	33
3.17 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าความสว่างของเนื้อใน (L)	34
3.18 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าสีแดง - เขียว (a)	34
3.19 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าเปอร์เซ็นต์บร็อกซ์	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นสินค้าหลักของประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศไทยเป็นอันดับต้นๆ ซึ่งสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งคือ สับปะรด โดยส่วนใหญ่จะถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรดเข้มข้น เป็นต้น ปัญหาที่มีความสำคัญมากประการหนึ่งของผู้ผลิตหรือผู้ส่งออกคือ การควบคุมคุณภาพของสินค้าให้ได้ตรงตามความต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ดังนั้นการคัดคุณภาพของสับปะรดก่อนที่จะนำไปทำการแปรรูปเพื่อทำไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นมีความสำคัญมาก เพราะการที่จะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ดีและมีคุณภาพนั้นย่อมมาจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพด้วยเช่นกัน (จิราพรรณ, 2546)

ในปัจจุบันการคัดแยกสับปะรดก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานแปรรูปสับปะรดในรูปแบบต่างๆ มักจะใช้การทดสอบแบบไม่ทำลายโดยการใช้ไม่วัตถุอื่นเคาะเพื่อฟังเสียงสะท้อนของสับปะรด โดยเสียงสะท้อนนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสุกแก่และความสมบูรณ์ของเนื้อภายในของสับปะรด ในการเคาะนั้นมักจะคณงานที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการคัดแยก ซึ่งการแบ่งระดับคุณภาพในการคัดแยกนั้นมักจะมีเพียงสองระดับคือคุณภาพดีเหมาะแก่การแปรรูปและคุณภาพต่ำซึ่งรวมถึงสับปะรดที่ดิบเกินไปหรือสุกเกินไป , แคลเฆา , เนื้อแกรน , ซ้ำ , และเน่า เป็นต้น ความถูกต้องแม่นยำในการคัดแยกด้วยวิธีเคาะผลนี้จึงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้คัดแยกเป็นหลัก ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้มาจากการที่ผู้คัดแยกมีความชำนาญน้อยหรือจากความเมื่อยล้าของผู้คัดแยกเอง ดังนั้นการวัดสมบัติทางกายภาพเช่น คุณสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) สมบัติเชิงสี และความหนาแน่น (Density) ของสับปะรดอาจจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการคัดแยกสับปะรดได้แม่นยำกว่าการใช้แรงงานคน

การทดสอบความสมบูรณ์ของเนื้อภายในผลไม้ด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้สมบัติทางกายภาพของผลไม้ได้มีการศึกษาอย่างแพร่หลายซึ่งวิธีใช้ก็แตกต่างกันเช่น การวัดแสงสะท้อน (reflectance) การวัดความต้านพ้องของแม่เหล็ก (magnetic resonance) การวัดคลื่นอุลตราโซนิก (ultrasonic) หรือการวัดคลื่นเสียงสะท้อนจากการสั่นสะเทือน (acoustic impulse resonance)

ในงานวิจัยนี้วัดคลื่นเสียงสะท้อนเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดไม่ยุ่งยากและมีราคาค่อนข้างถูกกว่าวิธีอื่นๆ โดยทั่วไปการวัดคลื่นเสียงสะท้อนนี้จะทำโดยการทำให้ผลไม้สั่นด้วยการเคาะแล้วเสียงสะท้อนหรือความถี่สั่นพ้อง (resonant frequency) ที่เกิดขึ้นจะถูกวัดด้วยไมโครโฟนซึ่งติดตั้งอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกับจุดที่เคาะ เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (acoustic tester) ของผักและผลไม้ ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศแต่เครื่องที่ผลิตใจต่างประเทศมักมีราคาแพงกว่าการจ้างแรงงานคนจึงยังไม่เป็นที่นิยมมากนักสำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาและสร้างเรื่องวัดความสุกแก่ของผลไม้ไทยเช่น ทูเรียนและสับปะรดด้วยการวัดคลื่นเสียงสะท้อน (บัณฑิตและคณะ , 2547 ; ชูศักดิ์ , 2539 ; Kongrattanaprasert et al., 2001) โดยส่วนประกอบหลักของเครื่องทดสอบเหล่านี้มีดังนี้คือวัสดุที่ใช้เคาะ , ไมโครโฟน , ฮาร์ดแวร์ (hardware) ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ได้ และโปรแกรมที่ใช้แปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของความถี่ (frequency domain) ถึงแม้ว่าความถี่สั่นพ้อง (resonant frequency) ของผลไม้จะสามารถใช้บอกถึงระดับความสุกแก่ของผลไม้ได้ระดับหนึ่ง แต่ความถี่สั่นพ้องนี้ยังขึ้นอยู่กับรูปร่างและน้ำหนักของผลไม้ด้วยเช่นกัน (Yamamoto et al., 1980) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเสียงสะท้อนกับระดับความสุกแก่ของผลไม้จึงเป็นแบบไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear relationship) สำหรับสับปะรดนั้น บัณฑิตและคณะ (2547) ได้ศึกษาการใช้สมบัติเสียงสะท้อนเพื่อคัดแยกคุณภาพเนื้อภายในของสับปะรดออกเป็นสองระดับคือ สับปะรดออกเป็นสองระดับคือสับปะรดเนื้อหนึ่ง (บริบูรณ์พอดี) และสับปะรดเนื้อสอง (เกือบบริบูรณ์) แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเสียงสะท้อนและสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น สมบัติเชิงเนื้อสัมผัส (texture) ที่อาจมีความสัมพันธ์กับระดับความสุกแก่หรือคุณภาพเนื้อภายในของสับปะรดด้วยเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพในการคัดแยกสับปะรดตามความน้ำกับไม่น้ำและหาความสัมพันธ์ของดัชนีที่ใช้ โดยอาศัยดัชนีต่างๆ คือ

- คุณสมบัติด้านความถี่สั่นพ้อง
- คุณสมบัติด้านความหนาแน่น
- คุณสมบัติด้านสี
- คุณสมบัติความเป็นกรด-ด่าง
- คุณสมบัติ Total Soluble Solid

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสับปะรด

ประวัติของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบลาตินอเมริกา ซึ่งอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ เขตระหว่างเส้นละติจูด 15-30 องศาใต้และลองจิจูด 40-50 องศาตะวันตก คือ แถบประเทศ บราซิล อาเจนตินา และประเทศปารากวัย สับปะรดได้ถูกนำเข้ามาในเมืองไทยเมื่อสมัยกรุงศรีอยุธยาโดยชาวโปรตุเกส (จิราพรรณ, พิมพ์ครั้งที่ 1)

2.2 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีอายุหลายปี อยู่ในวงศ์โบรมิเลียซี (Bromeliaceae) สกุล อานานาส (*Ananas comosus* L. Merr.) เป็นพืชที่ทนแล้งมากชนิดหนึ่ง เพราะมีคุณสมบัติพิเศษ ในการรักษาน้ำให้อยู่ในลำต้น และใบได้ดี คือปากใบจะอยู่ใต้ใบ และปากใบจะเปิดในตอน กลางคืน เพื่อรับก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ และเก็บสะสมไว้ในรูปกราฟ เพื่อนำมาใช้ในการ สังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน การเปิดของปากใบในตอนกลางคืนจะทำให้การระเหยของน้ำออก จากใบน้อย เมื่อเทียบกับพืชอื่นๆ ซึ่งต้นสับปะรดประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญ คือ ลำต้น ใบ ดอก ผล ก้านผล จุก ตะเพียง หน่อ และราก

โดยผลของสับปะรดมีรูปทรงคล้ายกระบอง ตอนล่างของผลจะมีหน่อเล็กๆ เรียกว่า ตะเกียง (Slip) บริเวณตอนบนของผลอาจจะมีจุกซึ่งประกอบไปด้วยใบสั้น ๆ อัดกันแน่นอาจมี หน่อเล็กๆ ออกมาทางด้านข้างเรียกหน่อนี้ว่า จุกตะเกียง (Crown Slip) ตะเกียงและจุกตะเกียงใน สับปะรดบางพันธุ์อาจไม่มี ในระหว่างที่ผลแก่ แเป้งที่เก็บไว้ในแกนจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล การ เปลี่ยนแปลงจะขยายออกไปทางด้านข้างทำให้สับปะรดมีรสชาติที่หวานขึ้น ผลสับปะรดจะเป็น ผลรวมที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อยประมาณ 100-200 ผล โดยอัดกันแน่นประสานเป็น เนื้อเดียวกัน ผลของสับปะรดโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2.2 กิโลกรัม

2.3 พันธุ์สับปะรด

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้คือ

2.3.1 พันธุ์ปัตตาเวีย

2.3.2 พันธุ์อินทรชิต

2.3.3 พันธุ์ขาว

2.3.4 พันธุ์ภูเก็ทหรือสวี

2.3.5 พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง

ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึง รายละเอียดของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียนี้มาทำการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne) เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันแพร่หลายที่สุด เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค และ โรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง เพราะรสชาติที่หวานฉ่ำมากกว่าพันธุ์อื่น มีชื่อเรียกหลายอย่างเช่น สับปะรดศรีราชา พันธุ์ดำดำ คาแดง กัลกัศดาหรือสับปะรดปราณบุรี สับปะรดพันธุ์นี้มีใบเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นเงามันขอบใบเรียบกว่าทุกพันธุ์อาจมีหนามที่ปลายใบ ช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2-6 กิโลกรัม ก้านผลสั้น เปลือกผลเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม เหลืองอมเขียวหรือยังคงเขียวเข้ม (mature green) ตาค่อนข้างสั้น แขนใหญ่ มีเนื้อละเอียด สีเหลืองรสหวานฉ่ำ ผลที่มีขนาดใหญ่จะเป็นรูปทรงโคนใหญ่ ปลายเรียว แต่ผลขนาดเล็กและขนาดกลางส่วนใหญ่จะเป็นทรงกระบอก

2.4 พื้นที่สำหรับปลูกสับปะรด

พื้นที่ปลูกสับปะรดที่สำคัญอยู่ในภาคกลาง คือจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีเนื้อที่ให้ผลผลิตตลอดปีกว่าร้อยละ 50 ของเนื้อที่ให้ผลผลิตทั้งประเทศ รองลงมาได้แก่ ระยอง เพชรบุรี และชลบุรี ภาคเหนือปลูกมากที่อุทัยธานีและลำปาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือปลูกมากที่หนองคาย และภาคใต้ที่ ชุมพร

สับปะรดสามารถปลูกได้เกือบทุกเดือน แต่ในช่วงที่เหมาะสม คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนพฤษภาคม ระบบการปลูกสับปะรดที่นิยมใช้กันอยู่มี 2 วิธี คือ 4 ปี (ไร่หน่อครั้งเดียว) สามารถเก็บผลได้ 2 ครั้ง และระบบ 5 ปี (ไร่หน่อ 2 ครั้ง) ซึ่งเก็บผลได้ 3 ครั้ง โดยสับปะรดที่ให้ผลครั้งแรกเรียกว่า สับปะรดรุ่น 1 (Mother หรือ First Crop) ซึ่งจะเก็บเมื่ออายุประมาณ 18 เดือน สับปะรดรุ่นต่อไปเรียกว่า สับปะรดต่อ 4 และต่อ 2 ซึ่งจะเก็บผลเมื่อ

ปลูกไว้ประมาณ 3 ปี และ 4.5 ปี แต่ขนาดของผลและผลิตผลจะลดลงตามลำดับ ซึ่งแผนภาพการเจริญเติบโต

2.5 มาตรฐานสับประรดโรงงาน

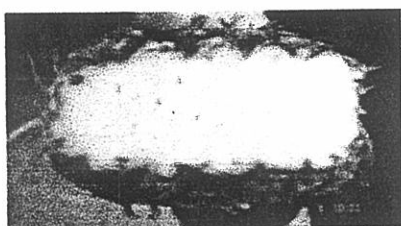
ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 29 มีนาคม 2543 กำหนดมาตรฐานสับประรดโรงงานของประเทศไทยมีรายละเอียดดังนี้ (Tipco, 2547)

2.5.1 นิยาม (Definition)

สับประรดโรงงานซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า " สับประรด" ในมาตรฐานนี้หมายถึง ผลไม้ที่มีชื่อทางการค้าและมีชื่อสามัญว่า " สับประรด" (Pineapple) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae เพื่อให้สำหรับการแปรรูปเป็นสับประรดกระป๋อง ส่วนความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้มีดังต่อไปนี้

- สุก หมายถึง สับประรดแก่ เนื้อมีสีเหลือง
- ดิบ หมายถึง สับประรดอ่อน เป็นโพรงสีขาว
- เสียว หมายถึง สับประรดเน่า สุกเกินไป มีกลิ่นโอ้ หรือมีกลิ่นบูด เหมือน
- ฉ่ำ หมายถึง สับประรดที่มีปริมาณน้ำในผลมาก เนื้อมีลักษณะสีเข้ม
- ไม้ฉ่ำ หมายถึง สับประรดที่มีลักษณะเนื้อแข็ง มีปริมาณน้ำในผลน้อย มีสีซีดจาง
- ช้ำ หมายถึง สับประรดที่มีรอยช้ำ เมื่อใช้มือกดจะยุบลง
- แดกเผา หมายถึง สับประรดที่มีรอยไหม้ที่เปลือก เมื่อปาดดูจะเห็นเนื้อสีซีดเป็นโพรง
- ผลแกน หมายถึง เนื้อสับประรดแข็งกระด้าง มีสีขาวหรือน้ำตาลถึงดำ

ไม้ฉ่ำ



ฉ่ำ



รูปที่ 2.1 : ภาพแสดงความฉ่ำ, ไม้ฉ่ำของสับประรด

ที่มา : (จุฑารัตน์, 2549)

2.5.2 ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ (Provision Concerning Quality) คุณภาพขั้นต่ำ สับปะรดจะต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้

- เป็นสับปะรดสดทั้งผล ไม่มีจุกและก้านผล
- เป็นสับปะรดสดที่สุกได้ที่
- มีลักษณะคุณภาพที่ดี ปราศจากผลแกน ไม่ซ้ำ ไม่มีตำหนิที่ และไม่น่าเสีย
- สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอมและปนเปื้อน เช่น ทราย หรือน้ำมัน
- ไม่มีกลิ่นหรือรสที่ผิดปกติ
- ไม่มีการแคะจุกหรือเจาะจุก
- ปลอดภัยจากศัตรูพืชและความเสียหายอันเนื่องมาจากศัตรูพืช รวมทั้งบาดแผลที่เกิดจากรอย

มีคม หรือของมีคมโดยการตรวจสอบด้วยสายตา

สับปะรดต้องผ่านการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง ตามกระบวนการเก็บเกี่ยว และการดูแลภายหลัง การเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

2.5.3 การแบ่งชั้นคุณภาพ (Classification) แบ่งเป็น 2 ชั้นคุณภาพดังนี้

2.5.3.1. ชั้นหนึ่ง (Class I)

2.5.3.2. ชั้นสอง (Class II)

- สภาพความสมบูรณ์ภายนอก ในทุกชั้นคุณภาพ สับปะรดต้องมีคุณภาพดี ตรงตามพันธุ์ ปลอดภัยจากศัตรูพืช ผลปลอดภัยจากตำหนิหรือมีตำหนิที่ผิวได้เล็กน้อย โดยไม่มีผลต่อรูปลักษณะ คุณภาพ และคุณภาพการเก็บรักษา และมีขนาดตามข้อกำหนดเฉพาะเรื่องขนาด

- สภาพความสมบูรณ์ภายใน ในทุกชั้นคุณภาพ เนื้อสับปะรดต้องมีลักษณะปกติและมี ความสุกไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 หรือสุกไม่มากเกินไป (เนื้อมีสีเหลืองใส มีกลิ่นโอ) และมีไนเตรทในเนื้อสับปะรดไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.5.4 ข้อกำหนดเฉพาะเรื่องขนาด (Size Specification)

สับปะรดในแต่ละชั้นคุณภาพต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะดังนี้

ตารางที่ 2.1 : การแบ่งชั้นคุณภาพของสับปะรด

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

2.5.5 ข้อกำหนดเรื่องการจัดเรียง (Provisions Concerning Presentation)

2.5.6 การบรรจุและขนส่ง (Packing and Transportation)

ต้องจัดเรียงสับปะรดในพาหนะขนส่งให้เป็นระเบียบและแน่น เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการกระแทกอันจะมีผลต่อคุณภาพสับปะรด พาหนะขนส่งต้องสะอาด ปราศจากกลิ่นแปลกปลอม และต้องควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนที่มีผลต่อคุณภาพสับปะรด ระหว่างการขนส่ง

2.5.7 เอกสารประกอบการขาย (Sale Document)

2.5.7.1. ข้อมูลผู้ขาย (Identification) ต้องระบุชื่อที่อยู่ของผู้ขาย

2.5.7.2. ข้อมูลแหล่งผลิต (Origin of Produce) ต้องระบุจังหวัดแหล่งที่ปลูกในประเทศไทย

2.5.8 สารปนเปื้อน (Contaminants)

ห้ามใช้สารเคมีที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ไม่อนุญาตและห้ามใช้สารเร่งให้สับปะรดสุกโดยไม่ได้รับคำแนะนำจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นอันขาด

2.5.9 สุขลักษณะ (Hygiene)

ผลิตผลในมาตรฐานนี้ให้ดำเนินการไปตามหลักการทั่วไปของการปฏิบัติที่ถูกต้องทางการเกษตร (Good Agricultural Practice :GMP)

2.5.10 เกณฑ์การชักตัวอย่างและการวิเคราะห์ (Sampling and Analysis Procedures)

2.5.10.1 เกณฑ์การชักตัวอย่าง

- รถบรรทุกขนาดเล็ก เช่น รถปิคอัพ สุ่มหยิบไม่น้อยกว่า 2 ครั้งๆละไม่น้อยกว่า 20 ผล หรือตามน้ำหนักรถบรรทุก คันละไม่น้อยกว่า 10 ผล

2.5.10.2 เกณฑ์การวิเคราะห์

- ในเตรท วิเคราะห์ไนเตรทด้วยวิธีรวดเร็วที่กึ่งกลางผล ความลึก 2.5 – 3.75 เซนติเมตร จากเปลือกผิว โดยใช้ไนเตรทสตริป (Nitrate Strip) และเทียบกับค่ามาตรฐาน

2.6 ลักษณะสับปะรดที่โรงงานต้องการ

ดังที่ทราบกันแล้วว่าอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทยมีการขยายตัวค่อนข้างมาก เนื่องจากชาวต่างประเทศนิยมบริโภคกัน เพราะว่ามีรสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง ดังนั้นในการที่จะส่งออกสับปะรดระบอบให้มากขึ้น สับปะรดระบอบจะต้องมีคุณภาพดี ซึ่งคุณภาพดีนั้นควรเริ่มต้นที่วัตถุดิบคุณภาพดี กล่าวคือสับปะรดต้องมีคุณภาพดี (Tipco, 2547) สับปะรดที่ทางโรงงานรับซื้อจะมีคุณภาพต่างจากสับปะรดสดที่ใช้บริโภค โดยคุณภาพที่โรงงานต้องการเพื่อให้ได้สับปะรดระบอบที่มีคุณภาพดี คือ

2.6.1 ความสุกพอดี

2.6.1.1 ทางโรงงานจะรับซื้อสับประรด ที่มีความสดปานกลาง ไม่สุกจัด อย่าง สับประรดสำหรับบริโภคสด และไม่สุกมากจนมีกลิ่นสาบเห่า โดยสังเกตได้จากสีเปลือกที่มีตาสุก ประมาณ 2-6 ตา

2.6.1.2 สับประรดที่เปลือกสีเขียวทั้งลูก ถ้าเนื้อภายในสุกเหลืองมากกว่าครึ่งลูก โรงงานจะรับซื้อ ถือเป็นสับประรดสุก

2.6.2 สับประรดที่มีเนื้อภายในเน่าหรือซ้ำ

2.6.2.1 สับประรดซ้ำ เนื่องจากถูกกด กระแทก โยน ที่มีรอยซ้ำมากกว่า 25% ของลูก โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.6.2.2 สับประรดเน่า หมายถึง สับประรดที่มีกลิ่นเสียทุกชนิด ซึ่งอาจจะเป็นกลิ่นบูด เปรี้ยว กลิ่นเน่า กลิ่นหญาเสีย รวมทั้งสับประรดใส่เน่า สับประรดเหล่านี้โรงงานจะคัดแยกออก และไม่รับซื้อ

2.6.3. สับประรดเนื้อแกน

สับประรดที่มีเนื้อในเป็นแกนดำมากกว่า 50 % ของผล โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.6.4. สับประรดแตกเผา

2.6.4.1 สับประรดแตกเผาชนิดไม่รุนแรง คือ สับประรดที่โคนแตกเผาทำให้เนื้อใน เป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงดำ แต่สับประรดยังไม่มีการกลืนเน่า การคัดและตรวจจะถือเป็นสับประรดแกนดำ ซึ่งโรงงานอาจจะซื้อในราคาต่ำกว่าปกติ

2.6.4.2 สับประรดแตกเผาชนิดรุนแรง คือ สับประรดที่โคนแตกเผาจนกระทั่งเนื้อใน เป็นสีดำ และมีกลิ่นเน่าเสีย จะถือเป็นสับประรดเน่า โรงงานจะไม่ซื้อ

2.6.5. สับประรดที่มีสารตกค้างและสิ่งแปลกปลอม

2.6.5.1 น้ำมันหรือสารเคมี ทางฝ่ายโรงงานจะไม่รับซื้อ เช่น กลิ่นน้ำมัน คราบ น้ำมันหรือสารเคมีติดค้างอยู่บนสับประรด

2.6.5.2. สับประรดที่มีสารไนเตรทสูง

2.6.5.2.1 สับประรดที่มีสารไนเตรทเกิน 25 ส่วนในล้านส่วน ถือว่าเป็น สับประรดดี

2.6.5.2.2 สับประรดที่มีสารไนเตรทมากกว่า 25 ส่วนในล้านส่วน โรงงานจะไม่ซื้อ

2.6.5.3 สิ่งแปลกปลอมอื่นๆ เช่น เศษไม้ ตะปู เป็นต้น หากพบว่ามีติดอยู่ที่ลูก สับประรด โรงงานจะไม่รับซื้อ รวมทั้งเนื้อสับประรดที่มีสีไม่ปกติ เช่น สีเขียว สีดำ คั่ว

2.6.6 สับประรดเก็บเกี่ยวไว้นานแล้ว

2.6.6.1 สับประรดมีราขึ้นที่ขั้ว ถ้ามีราที่ขั้วมากกว่า 30 % โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.6.6.2 สับประรดที่ตกค้างหรือแช่น้ำ มีกลิ่นอับ โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.6.7 สับประรดลูกเล็ก

คือ สับประรดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5-10 เซนติเมตร ซึ่งโรงงานจะรับซื้อในราคาต่ำ ส่วนสับประรดที่มีขนาดเล็กกว่า 7.5 เซนติเมตร โรงงานจะไม่ซื้อ

2.6.8 สับประรดที่มีรอยสัตว์ต่าง ๆ

ซึ่งจะมาจากการกัดแทะ เช่น หนู และอื่นๆ โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.7 คุณภาพสับประรดต่อการผลิตสับประรดกระป๋อง

ในอุตสาหกรรมการแปรรูปทุกชนิดจะต้องมีขั้นตอนของการตรวจสอบและคัดเลือกคุณภาพของวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้ากระบวนการผลิตเสมอ การตรวจสอบนี้ก็เพื่อความแน่ใจว่าวัตถุดิบตรงตามความต้องการ ซึ่งหลายท่านคงเคยได้ยินคำกล่าวที่ว่า ผลิตรั้วที่คัดย้อมมาจากวัตถุดิบที่ดี ในแง่ของผู้ผลิตแล้วคงไม่มีผู้ใดที่จะผลิตของที่ดีและมีคุณภาพจากวัตถุดิบที่ไม่ดีและค้อยคุณภาพได้

สำหรับคุณภาพสับประรดที่ทางโรงงานรับซื้อนั้น เกษตรกรหรือพ่อค้าสับประรดบางท่านคงเกิดความสงสัยว่า ทำไมทางโรงงานถึงต้องคัดสับประรดบางส่วนคืน ไม่สามารถซื้อได้ทั้งหมด และถ้าจะรับสับประรดที่ถูกคัดคืนเข้ามาทำการผลิตจะมีผลอย่างไรกับทางโรงงาน เหตุที่ทางโรงงานไม่สามารถรับซื้อได้ดังนี้

2.7.1 สับประรดดิบ

สาเหตุที่ไม่สามารถรับซื้อสับประรดคืนได้นั้น เนื่องจากเมื่อนำสับประรดดิบมาบรรจุกระป๋องสับประรดจะมีสีขาว รสชาติจืดไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและสับประรดดิบยังมีสารไนเตรทมากซึ่งสารนี้จะกักคร่อนดินุกที่เคลือบกระป๋องทำให้กระป๋องดำอีกด้วย ซึ่งเป็นปัญหาภาคต่อผู้ผลิต

2.7.2 สับประรดเนื้อแกน

สับประรดเนื้อแกนที่เข้ามาในกระบวนการผลิตจะถูกนำไปทำน้ำสับประรดเฉพาะเนื้อแกนขาวหรือเนื้อแกนที่เริ่มออกสีน้ำตาลอ่อนเท่านั้น ส่วนเนื้อแกนที่มีสีน้ำตาลหรือสีดำ ทางโรงงานต้องทิ้งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.7.3 สับปะรดเน่า

สับปะรดเน่าหรือเริ่มเน่า ทางโรงงานไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลย แม้แต่เอามาทำน้ำเพราะจะทำให้ น้ำสับปะรดปกติมีกลิ่นและรสชาติผิดไป และสับปะรดที่เน่าจะ ไปช่วยเร่งปฏิกิริยาให้น้ำสับปะรดปกติเกิดการเน่าเสียเร็วขึ้น

2.7.4 สับปะรดขำ

สับปะรดที่บรรจุกระป๋องจะไม่ใช้สับปะรดที่มีรอยชำหรือลักษณะชำที่มองเห็น เพราะเมื่อผ่านขบวนการผลิตแล้วเนื้อจะและ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค สับปะรดขำจะถูกนำไปทำน้ำเท่านั้นซึ่งทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดเพราะถ้าตลาดมีความต้องการน้ำสับปะรดน้อย ทางโรงงานก็ไม่สามารถจะรับซื้อสับปะรดขำมาทำน้ำสับปะรดได้

2.7.5 สับปะรดแตกเผา

ทางโรงงานจะรับสับปะรดที่เป็นแตกเผาชนิดไม่รุนแรง เพราะมีบางส่วนของสุกที่ไม่ถูกแตกเผาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยจะบรรจุอยู่ในรูปของสับปะรดชิ้น ส่วนที่ถูกแตกเผาไม่มากยังไม่เป็นสีน้ำตาล-ดำ หรือมีกลิ่น ทางโรงงานจะต้องทิ้งเท่านั้น ส่วนแตกเผาชนิดรุนแรงทางโรงงานไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เลย

2.7.6 สับปะรดมีสารไนเตรท

สับปะรดที่มีสารไนเตรทตกค้างเกินกำหนดของโรงงาน โรงงานไม่สามารถรับซื้อได้ในราคาปกติ สับปะรดเหล่านี้ไม่สามารถนำมาบรรจุกระป๋องได้ เพราะสารไนเตรทที่มากับเนื้อสับปะรดนี้จะทำปฏิกิริยากับกระป๋องทำให้กระป๋องมีสีดำเกิดการกัดกร่อนของกระป๋อง อายุการเก็บสั้นลงสับปะรดเหล่านี้ทางโรงงานนำมาทำน้ำสับปะรดเข้มข้นเท่านั้น แต่ก็ยังเป็นเรื่องเสี่ยงอยู่เพราะถูกค้าบางรายได้นำน้ำสับปะรดเข้มข้นมาบรรจุกระป๋อง สารไนเตรทที่มีอยู่จะทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับสับปะรดกระป๋อง

2.7.7 สับปะรดที่มีน้ำมัน/ จาระบี/ สี

ทางโรงงานไม่สามารถนำสับปะรดเหล่านี้มาทำการผลิตได้ ไม่ว่าจะ เป็นสับปะรดกระป๋องหรือน้ำสับปะรด เพราะสารพวกนี้จะทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ผิดไปและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

2.7.8 สับปะรดมีบาดแผล/หนูเจาะ

ทางโรงงานไม่สามารถรับซื้อสับปะรดที่มีบาดแผลได้ เพราะสับปะรดเหล่านี้มีโอกาสที่จะปนเปื้อนสิ่งสกปรกหรือเน่าได้ถ้าไม่ได้เข้าสู่กระบวนการผลิตทันที ส่วนรอยหนูเจาะนั้นมีโอกาสที่จะปนเปื้อนเชื้อโรคหรือขนหนู ซึ่งเป็นการยากที่ทางโรงงานจะตรวจสอบได้

2.7.9 สับประรดมีขั้ว - จุกติด

เนื่องจากขั้ว - จุกที่ติดมากับสับประรด มีผลต่อการทำงานของเครื่องปลดกเป็ลือก เครื่องไม่สามารถจะตัวจุก - ขั้วได้ และอาจทำให้เครื่องเสียหายได้ และลูกที่ผ่านการปลดกเป็ลือกออกมาจะเบ็ยวไม่สามารถทำเป็นแวนบรจรูกระปองได้

2.7.10 ลักษณะอื่นๆ

2.7.10.1 ลูกเล็ก ทางโรงงานไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้

2.7.10.2 สับประรดแชน้ำเนื่องจากความผิดปกติไม่สารณนำมาบรจรูกระปองได้

2.7.10.3 ผลที่มีวัสดุแข็งติดมาด้วย เช่น ตะปู จะทำให้เครื่องปลดกเป็ลือกเสียหาย

2.8 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางการภาพของสับประรดนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายอย่าง แต่ที่จะกล่าวถึงในครั้งนี้มีอยู่ 5 คุณสมบัติ คือ

2.8.1 เสียงก้ำทอนหรือความถี่สั้นพ้องของเสียง (resonant Frequency)

เสียงก้ำทอน หรือการสั้นพ้องเสียง การเกิดก้ำทอน เป็นลักษณะของเสียงหรือคลื่นอย่างหนึ่งที่เกิดจากการที่มีคลื่นความถี่ใหม่เกิดขึ้นซ้อนเข้ามาในช่วงความถี่เสียงเดิมที่มีอยู่ และความถี่ใหม่นี้มีความถี่เท่ากับของเดิม จึงทำให้มีความเข้มเพิ่มขึ้นจากเดิม หรือแอมพลิจูดของการสั้นจะมีค่าสูงกว่าปกติ ทำให้ได้ยินเสียงดังกว่าเดิม ซึ่งในบางครั้งเสียงที่เกิดขึ้นใหม่นั้น อาจจะมี ความถี่ต่ำกว่าระดับการได้ยิน แต่เมื่อรวมกับเสียงอื่นๆ ที่มีความถี่เดียวกันก็เกิด ความเข้มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้วัตถุที่อยู่ใกล้มีการสั้นสะเทือนขึ้นทำให้เกิดเสียงดัง เช่น ความถี่เดียวกันก็เกิด ความเข้มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้วัตถุที่อยู่ใกล้มีการสั้นสะเทือนขึ้นทำให้เกิดเสียงดัง เช่น ความถี่เสียงที่เกิดจากเครื่องจักรซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าที่จะได้ยิน แต่ความถี่ที่เกิดขึ้นนั้นทำให้สิ่งอื่นๆ ที่สัมผัสเกิดการสั้นสะเทือนขึ้นลักษณะที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าเกิดการก้ำทอน หรือการสั้นพ้องเสียง (กฤษณา, 2545)

ความถี่สั้นพ้องของผลไม้เป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่ง ที่สามารถใช้ระบุคุณภาพของผลไม้ได้ (กระจวี, 2547) การตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่ใช้ความถี่สั้นพ้องเป็นตัวชี้วัดคุณภาพนี้มีประโยชน์ เนื่องจากสามารถตรวจสอบผลิตผลที่จะวางจำหน่ายทุกหน่วยได้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลนั้นๆ ทำให้สามารถประกันคุณภาพผลิตผลได้ การตรวจสอบคุณภาพโดยพ่อค้าแม่ค้าแบบไม่ทำลายได้มีการปฏิริยกันอยู่กับทุเรียน แดงโม สับประรด ผลไม้จะถูกเคาะและฟังเสียง ซึ่งเป็นการตรวจสอบระดับคุณภาพได้แก่ ความแก่และความสมบูรณ์ของเนื้อภายใน

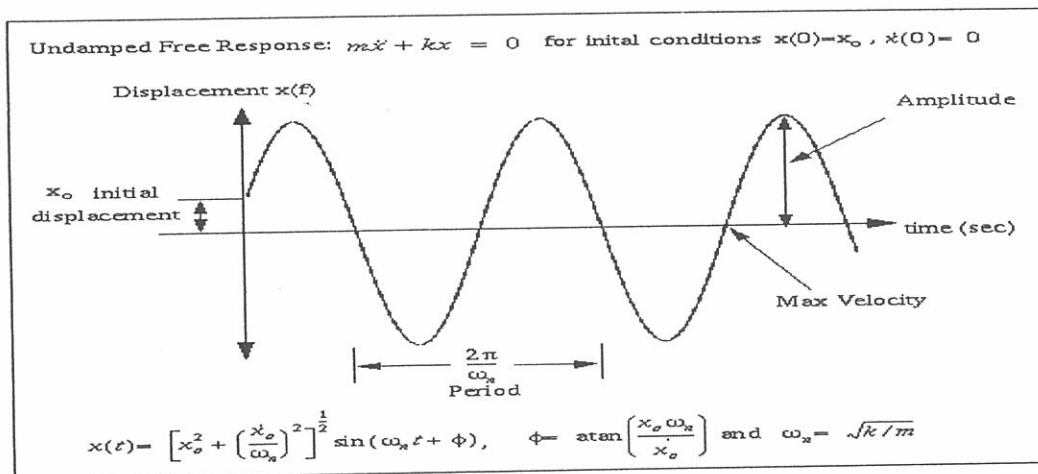
ผลไม้ ทำได้โดยอาศัยประสบการณ์ในการคัดแยก ถึงเหล่านี้มีความไม่แน่นอนสูงและขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคลด้วย

การตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ด้วยความถี่สั่นพ้อง ทำได้โดยการนำเครื่องมือจากต่างประเทศที่สามารถแปลงสัญญาณเสียงเคาะจากรูปแบบ Time domain เป็น Frequency domain

2.8.1.1 การสั่นละเทือน

การสั่นสะเทือนทางกลนั้นสามารถจำแนกออกได้หลายแบบด้วยกัน แต่ในที่นี้จะทำการศึกษาการสั่นสะเทือนอยู่ 4 แบบ คือ (ธนุ, 2540)

2.8.1.1.1 การสั่นสะเทือนแบบอิสระ (Free Vibration) คือการสั่นสะเทือนของระบบในลักษณะที่หลังจากมีการรบกวนระบบที่หยุดนิ่งอยู่ที่จุดสมดุลครั้งแรก เพื่อให้เกิดการสั่นขึ้นแล้ว การสั่นนั้นดำเนินต่อไปโดยไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำกับระบบอีกเลย การรบกวนระบบอาจเป็นการทำให้เกิดการขจัดเริ่มต้นหรือเกิดความเร็วต้นหรือทั้งสองแบบรวมกันก็ได้ ดังรูปที่ 2.

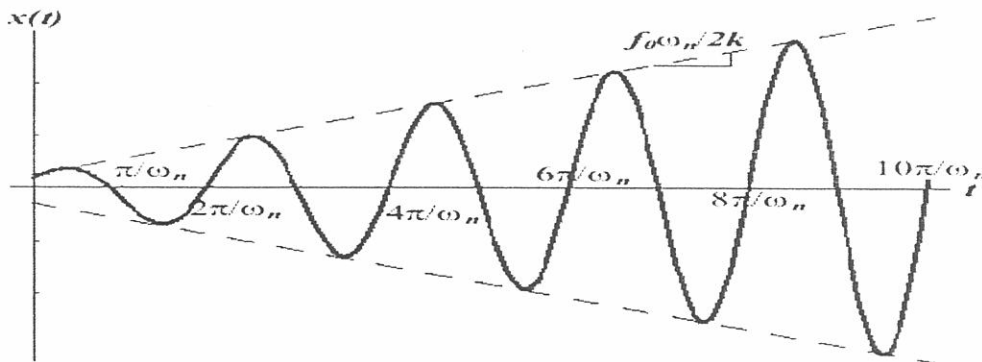


รูปที่ 2.2 : ลักษณะการสั่นสะเทือนแบบอิสระ

ที่มา : www.mfg.mtu.edu

2.8.1.1.2 การสั่นแบบบังคับ (Forced Vibration) คือการสั่นของระบบภายใต้แรงกระทำจากภายนอกซึ่งแรงกระทำจากภายนอกนี้อาจจะเป็นแรงในลักษณะซ้ำตัวเองหรือไม่ซ้ำตัวเองก็ได้ การสั่นในลักษณะนี้ก็คือการสั่นเนื่องจากความไม่สมดุลของเครื่องจักรที่เกิดการหมุน หากว่าความถี่ของแรงที่กระทำกับระบบนั้นไปพ้องกับความถี่ธรรมชาติของระบบพอดี การสั่นที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีช่วงกว้างการสั่นที่สูงมาก เราเรียกการสั่นในลักษณะนี้ว่า “การสั่นพ้อง” (Resonance) ซึ่งผลของการสั่นพ้องนี้มักจะทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่

กำลังเกิดการสั่นอยู่ ดังนั้นในการออกแบบวิศวกรมักจะหลีกเลี่ยงการเกิดการสั่นพ้องของระบบ ยกเว้นในระบบที่ต้องการให้เกิดการสั่นมากๆ เช่น ในลำโพงขนาดใหญ่ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 : การสั่นแบบบังคับ

ที่มา : http://efunda.com/formulae/vibrations/sdof_harmo.cfm

2.8.1.1.3 การสั่นแบบไม่มีความหน่วง (Undamped Vibration) หมายถึง การสั่นที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมของระบบ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแรงเสียดทานหรือแรงต้านอื่นใด ซึ่งเมื่อระบบเคลื่อนที่แบบไม่มีความหน่วงของระบบในความเป็นจริงจะเกิดขึ้นได้ในอวกาศเท่านั้น เพราะวัตถุที่เกิดการเคลื่อนที่ โดยทั่วไปแล้วจะเกิดการสูญเสียพลังงานบ้างอย่างน้อยที่สุดก็จะสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานกับอากาศรอบข้าง สำหรับระบบที่เกิดการสั่นแบบไม่มีความหน่วงและเป็นการสั่นแบบอิสระความถี่ของการสั่นของระบบจะเรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ซึ่งความถี่ธรรมชาตินี้ถือว่าเป็นปริมาณที่มีความสำคัญมากในการออกแบบเพื่อป้องกันการสั่นของอุปกรณ์หรือโครงสร้าง

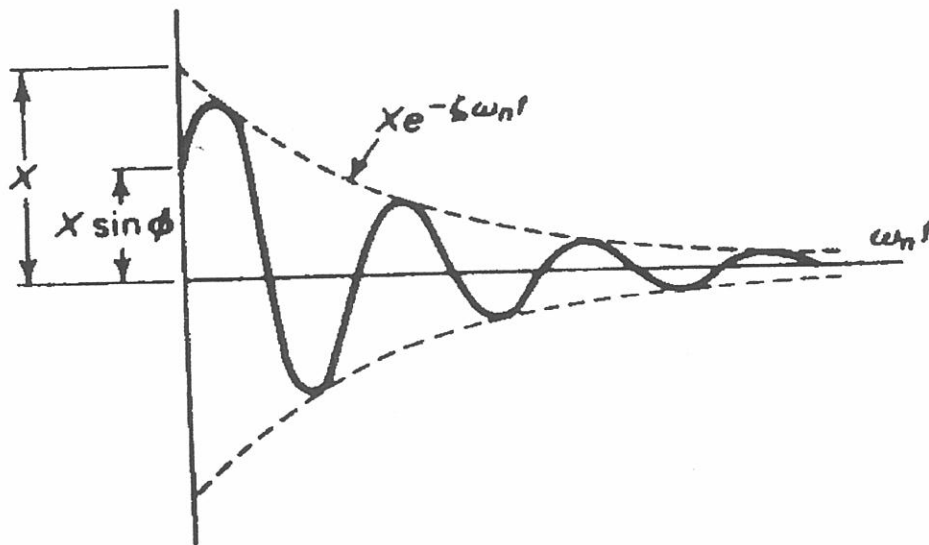
2.8.1.1.4 การสั่นแบบมีความหน่วง (Damped Vibration) คือการสั่นที่เกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างเกิดการเคลื่อนที่ของระบบไม่ว่ามาจากสาเหตุใดก็ตาม ซึ่งเป็นผลให้พลังงานรวมของระบบมีค่าน้อยลง โดยทั่วไปแล้วการสั่นตามสภาพความเป็นจริงนั้นจะเป็นการสั่นแบบมีความหน่วงทั้งสิ้น

2.8.1.2 ตัวหน่วงการสั่น ตัวหน่วงการสั่น (Damper) เป็นอุปกรณ์ที่จำลองขึ้นเมื่อใช้อธิบายระบบที่มีการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการเคลื่อนที่ของระบบ เพราะในระบบที่มีการสั่นเกิดขึ้นนั้น โดยทั่วไปแล้ว จะต้องมีการสูญเสียพลังงานบ้างไม่มากก็น้อย ซึ่งรายละเอียดของตัวหน่วงการสั่นทั้ง 3 แบบมีดังต่อไปนี้

2.8.1.2.1 ตัวหน่วงเนื่องจากความหนืด (Viscous Damping) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านของไหลที่มีความหนืด จะเกิดแรงเสียดทานระหว่างของแข็งและของไหลขึ้น จึงทำ

ให้วัตถุเกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างการเคลื่อนที่ขึ้น โดยแรงเสียดทานที่ว่านี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุด้วยเรานิยมเรียกอุปกรณ์นี้ว่าตัวหน่วงเนื่องจากความหนืด (Viscous Damping) ซึ่งตัวหน่วงประเภทนี้จะเป็นตัวหน่วงแบบนี้จะพบเห็นบ่อยที่สุดในระบบการสั่นเชิงกลอุปกรณ์ตัวหน่วงแบบนี้ที่เราพบเห็นกันอยู่เป็นประจำก็คือ โช้คอัพของรถ ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้น้ำมันหรือก๊าซเป็นของไหลก็ตาม

2.8.1.2.2 ตัวหน่วงการสั่นแบบแรงเสียดทานระหว่างของแข็ง (Coulomb Damping) ในการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนของแข็งด้วยกันนี้เราจะพบว่ามีความเสียดทานเกิดขึ้น ซึ่งแรงเสียดทานระหว่างของแข็งกับของแข็ง (Dry Friction) หรือเราเรียกอีกแบบหนึ่งว่า ตัวหน่วงแบบคูลอมบ์ (Coulomb Damping) ตัวหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทานประเภทนี้จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเร็วหรือการขจัดของวัตถุ แต่จะขึ้นกับประเภทของวัตถุที่สัมผัสกันอยู่และแรงที่กระทำระหว่างวัตถุทั้งสอง สำหรับทิศทางของแรงต้านประเภทนี้จะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ



รูปที่ 2.4 : ลักษณะการสั่นแบบอิสระอย่างมีความหน่วง

ที่มา : <http://www.mfg.mtu.edu/marc/primers/machtool/vibration/damped.html>

2.8.1.2.3 ตัวหน่วงการสั่นเนื่องจากความไม่ยืดหยุ่นของวัสดุ (Hysteretic Damping Structural Damping) เมื่อวัตถุใดๆ ก็ตามหากับภาระกรรมในช่วงยืดหยุ่น เมื่อนำภาระกรรมนั้นออก วัตถุจะกลับสู่สภาพเดิมและไม่เกิดพลังงานตกค้างขึ้นในเนื้อวัสดุ แต่ถ้าหากว่าการให้ภาระกรรมนั้นทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปร่างช่วงยืดหยุ่นไป เมื่อนำภาระกรรมออกวัตถุจะ

ไม่คืนรูปสู่สภาพเดิม และจะมีพลังงานในการเปลี่ยนรูปตกค้างอยู่ในวัตถุ ดังนั้นเราอาจกล่าวได้ว่าในการให้ภาระกรรมในลักษณะนี้จะเกิดการสูญเสียพลังงานขึ้น สำหรับวัตถุที่เป็นวัสดุเหนียวเมื่อมีการให้ภาระกรรมเลยช่วงยืดหยุ่นเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในช่วงการให้ภาระกรรมและการลดภาระกรรมจะไม่เป็นเส้นทางเดียวกัน

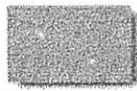
2.8.2 คุณสมบัติด้านสี

สีเป็นผลตอบสนองทางใจของคนเราต่อความยาวคลื่นในย่านต่างๆ ของพลังงานแสงที่ตกกระทบบนชั้นเรตินาในลูกตา ซึ่งคุณสมบัติการกระจายทางสเปกตรัมของวัตถุ จะทำให้เกิดสีเฉพาะของวัตถุขึ้นมาเช่น แดง , เขียว ฯลฯ ถ้าวัตถุถูกส่องด้วย แหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติต่างกันก็จะทำให้เรามองเห็นสีวัตถุต่างกันด้วยดังรูป

SUNLIGHT

INCANDESCENT
LIGHTING

FLORESCENT
LIGHTING

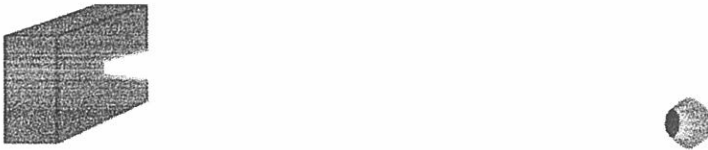


รูปที่ 2.5 : ผลการตอบสนองของสี

ที่มา : <http://www.nectec.or.th/courseware/electrical/illumination/color.html>

ในศตวรรษที่ 17 นิวตันพบว่าลำแสงสีขาวของแสงแดดประกอบด้วยรังสีแสงสว่างที่มีสีต่างกันหลายสี เพราะเมื่อให้แสงแดดส่องผ่านแท่งปริซึม แสงจะกระจายออกเป็นสีรุ้ง (เรียกว่าสเปกตรัม) แต่เมื่อนำเอาสเปกตรัมเหล่านั้นมาผ่านแท่งปริซึมอันที่ 2 แสงที่ได้จะกลายเป็นสีขาวเหมือนเดิม จึงสรุปว่าสีรุ้งทั้ง 7 ในสเปกตรัมเป็นสีปฐมภูมิ ถ้าปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวเช่น 650 นาโนเมตร ที่มีปริมาณมากพอกระทบเรตินาในลูกตา ความรู้สึกถึงสีที่ต่างจากสีอื่นจะเกิดขึ้นและสิ่งเร้านั้นจะบอกให้เรากำลังมองเห็นเป็นสี "แดง" ดังนั้นสีจึงแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกหรือเรื่องราวของการมองเห็น ซึ่งเกิดจากการกระทำของพลังงานที่ความยาวคลื่นใด ๆ ที่กระทำต่อเรตินาของตาคนปกติ ความแตกต่างของความยาวคลื่น จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ต่างกันของการมองเห็นสีวัตถุ จะมองดูแตกต่างกันเมื่ออยู่ภายใต้แสงสีที่ต่างกัน สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้น การสะท้อนแสงของวัตถุและคุณสมบัติใน

การตอบสนองของตาผู้สังเกตสีของวัตถุ จึงขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “การดูดกลืนแบบเลือก” (Selective absorption) ดังรูป



รูปที่ 2.6 : การดูดกลืนแบบเลือก (Selective absorption)

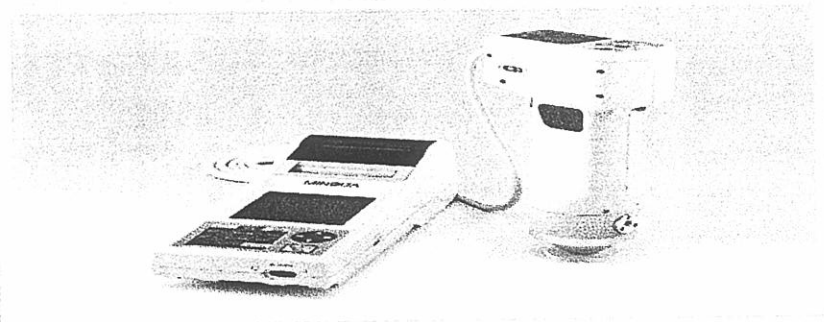
ที่มา : <http://www.nectec.or.th/courseware/electrical/illumination/color.html>

การดูดกลืนแบบเลือกเป็นผลของสีวัตถุที่แยกอนุภาคของแสงที่ส่องสว่างวัตถุนั้น ส่วนหนึ่งของรังสีจะถูกดูดกลืนไว้ แล้วสะท้อนส่วนที่เหลือออกไป เช่น วัตถุที่มีสีเขียว เมื่อถูกส่องด้วยแสงแดด วัตถุนั้นจะดูดกลืนพลังงานในช่วงอื่นไว้ยกเว้นสีเขียวและสะท้อนแสงสีเขียวเข้าตาเรา จึงมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีเขียวเป็นต้น

2.8.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสี ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “Chromameter” เป็นเครื่องมือในการวัดสีของวัสดุต่าง ๆ โดยการฉายแสงจากหลอดไฟแบบ Pulsed xenon arc (PXA) ลงบนชิ้นตัวอย่างและจะวัดเฉพาะแสงที่สะท้อนออกมา ในแนวตั้งฉากกับผิววัสดุเท่านั้นเข้าสู่ Optical fiber cable เพื่อทำการวัดสีออกมา

2.8.2.2 ความสามารถในการวิเคราะห์ของเครื่องวัดสี Chromameter

- สามารถแสดงผลการวัดสีออกมาในระบบสีแบบค่า Absolute และแบบค่า Difference
- ตัวอย่างที่เป็นชิ้นของแข็ง ต้องมีผิวเรียบ ขนาดไม่ต่ำกว่า 3 x 3 เซนติเมตร
- ตัวอย่างที่เป็นผงละเอียด ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ



ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปที่ 2.7 : เครื่องวัดสี Chromameter

ที่มา : http://cusana.go.kr/html/info/img/04_b.jpg

2.8.3 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น (สัญลักษณ์ : ρ) เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากันหน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) ความหนาแน่นเฉลี่ย (average density) หาได้จากผลหารระหว่างมวลรวมกับปริมาตรรวม ดังสมการ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

M คือ มวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม)

V คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร)

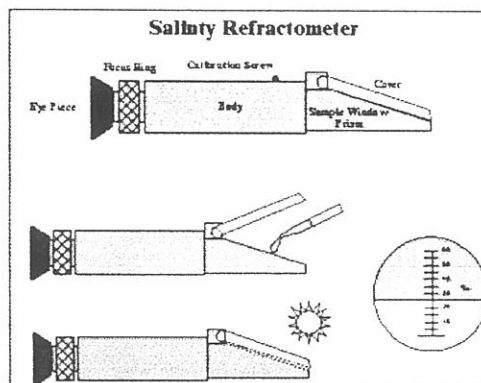
2.8.4 เปอร์เซนต์บริกซ์ (% Brix)

เปอร์เซนต์บริกซ์ หมายถึง ปริมาณน้ำตาลที่มีในสารละลายของแข็ง สเกลของ เป็นชื่อหลักของนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ Adolf Brix สเกลของ % Brix เป็นค่าที่ใช้เพื่อแสดงความเข้มข้นออกมาเป็นเปอร์เซนต์ของสิ่งที่บรรจุอยู่ในปริซึม ซึ่งเป็นสารละลายของแข็ง เช่น น้ำตาล โปรตีน กรด และอื่นๆ โดย % Brix ที่อ่านได้จะเป็นค่ารวม ๆ ของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งเป็นของความเข้มข้นของสารละลายของแข็งที่มีอยู่จริง ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องดื่ม ก มี ข อยู่ 100 เปอร์เซนต์ และอ่านค่า % Brix ได้ 12.4 เปอร์เซนต์ เลขตัวนี้จะเป็นค่ามาตรฐานของทั้งหมด และตัวควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นี้คือระดับความเข้มข้น

เครื่องที่ใช้ในการวัดเปอร์เซนต์บริกซ์ (% Brix) ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Refractometer เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการหักเหของแสงเมื่อตกกระทบกับสารละลายของแข็งที่อยู่ในปริซึม แล้วเครื่องก็ทำการแก้ปัญหาที่พบจากนั้นก็แสดงผลออกมาในรูปของเปอร์เซนต์บริกซ์

723

96823



รูปที่ 2.8 :เครื่อง Refractometer

ที่มา : <http://www.lumcon.edu/education/studentdatabase/images/refract.jpg>

2.8.5. ความเป็นกรด - เบส (pH)

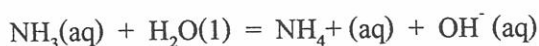
- สารละลายกรด คือสารละลายที่มีรสเปรี้ยว เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง หรือทำปฏิกิริยากับโลหะได้ แก๊ส H_2 และ เกิด

- สารละลายเบส คือสารละลายที่มีรสขม เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน หรือมีลักษณะอื่นๆ สารละลาย กรด - เบส

2.8.5.1 นิยามของกรด - เบส

- **Arrhenius Concept** กรด คือ สารประกอบที่มี H และเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ H^+ หรือ H_3O^+ เบส คือ สารประกอบที่มี OH และเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ OH^- ข้อจำกัดของทฤษฎีนี้คือ สารประกอบต้องละลายได้ในน้ำ และไม่สามารถอธิบายได้ว่า ทำไมสารประกอบบางชนิดเช่น NH_3 จึงเป็นเบส

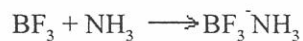
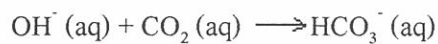
- **Bronsted-Lowry Concept** กรด คือ สารที่สามารถให้โปรตอน (proton donor) แก่สารอื่น เบส คือ สารที่สามารถรับโปรตอน (proton acceptor) จากสารอื่น ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสจึงเป็นการถ่ายเทโปรตอนจากกรดไปยังเบสเช่น แอมโมเนียละลายในน้ำ



ในปฏิกิริยาไปข้างหน้า NH_3 จะเป็นฝ่ายรับโปรตอนจาก H_2O ดังนั้น NH_3 จึงเป็นเบส และ H_2O เป็นกรด แต่ในปฏิกิริยาย้อนกลับ NH_4^+ จะเป็นฝ่ายให้โปรตอนแก่ OH^- ดังนั้น NH_4^+ จึงเป็นกรดและ OH^- เป็นเบส อาจสรุปได้ว่าทิศทางของปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับความแรงของเบส

- **Lewis Concept** กรด คือ สารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (electron pair acceptor) จากสารอื่น เบส คือ สารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว (electron pair donor) แก่สารอื่น ทฤษฎีนี้ใช้อธิบาย กรด เบส ตาม concept ของ Arrhenius และ Bronsted-Lowry

ได้ และมีข้อได้เปรียบคือ สามารถอธิบาย กรด เบส ในกรณีที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างกัน และได้สารประกอบที่มีพันธะโคเวเลนต์ เช่น

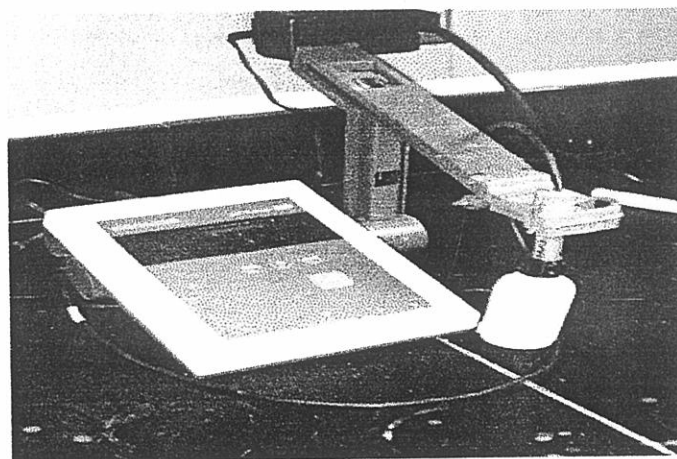


ตารางที่ 2.2 : ตัวอย่าง pH ของ สารที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

อาหาร - เครื่องดื่ม	pH
น้ำมะนาว	2.2-2.4
น้ำส้มสายชู	2.4-3.4
น้ำอัดลม	2.5-3.5
ไวน์	3.0-3.8
ส้ม	3.0-4.0
มะเขือเทศ	4.0-4.4
น้ำดื่ม	6.7-8.0

ที่มา : <http://chemsci.kku.ac.th/choosak/Acidb01.html>

2.8.5.2 เครื่องที่ใช้ในการวัดความเป็นกรดต่าง ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pH meter



รูปที่ 2.9 : เครื่อง pHmeter

ที่มา : <http://www.asu.edu/gel/images/phmeter.jpg>

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน

- | | |
|---|-----------|
| - เครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน | 1 เครื่อง |
| - เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม Sound Forge | 1 เครื่อง |
| - ไมโครโฟนและอุปกรณ์ขยายสัญญาณเสียง | 1 ชุด |
| - เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 2 กิโลกรัม | 1 เครื่อง |
| - เวอร์เนียคาลิเปอร์ | 1 อัน |
| - สับประรด | 1 ชุด |
| - สายเชื่อมต่อสัญญาณ | |

3.1.2 การวัดสี

- | | |
|--------------------------------|--------|
| - เครื่องวัดสี (Chromameter) | 1 ชุด |
| - มีด | 1 ด้าม |
| - เขียง | 1 ชุด |
| - สับประรด | 1 ชุด |

3.1.3 การวัดความหนาแน่น

- | | |
|---|-----------|
| - เครื่องวัดความหนาแน่นโดยวิธีแทนที่น้ำ | 1 ชุด |
| - เครื่องชั่ง 15 กิโลกรัม | 1 เครื่อง |
| - ถังน้ำ 20 ลิตร | 1 ถัง |
| - กระบอกตวง 500 มิลลิลิตร | 1 อัน |
| - สับประรด | 1 ชุด |

3.1.4 การวัดเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix)

- รีเฟรคโตมิเตอร์	1 เครื่อง
- สับปะรด	1 ชุด
- มีด	1 ค้อน
- บีกเกอร์ขนาด 50 มล.	1 ใบ
- การกระจายชำระ	5 ม้วน
- น้ำกลั่น	1 ขวด

3.1.5 การวัดความเป็นกรดต่าง (pH)

- พีเอชมิเตอร์	1 เครื่อง
- สับปะรด	1 ชุด
- มีด	1 ค้อน
- บีกเกอร์ขนาด 50 มล.	1 ใบ
- การกระจายชำระ	5 ม้วน
- น้ำกลั่น	1 ขวด

3.1.6 การถ่ายรูป

- กล้องถ่ายรูป ฟูจิฟิล์ม 5.2 เมกะพิกเซล

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ในการใช้คุณสมบัติทางกายภาพในการคัดแยกสับปะรดตามความฉ่ำและไม่ฉ่ำนี้ ได้ใช้ดัชนีต่างๆ ดังนี้คือ ความถี่สั่นพ้อง ความหนาแน่น ค่าสี (L, a, b) ของทั้งสีเปลือกและสีเนื้อในค่าความเป็นกรดต่าง และเปอร์เซ็นต์บริกซ์ โดยในการทดลองจะใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียร์จำนวน 120 ลูก โดยในการเก็บข้อมูลจะทำการแยกสับปะรดฉ่ำและไม่ฉ่ำโดยทำสัญลักษณ์ไว้ในแต่ละกลุ่ม

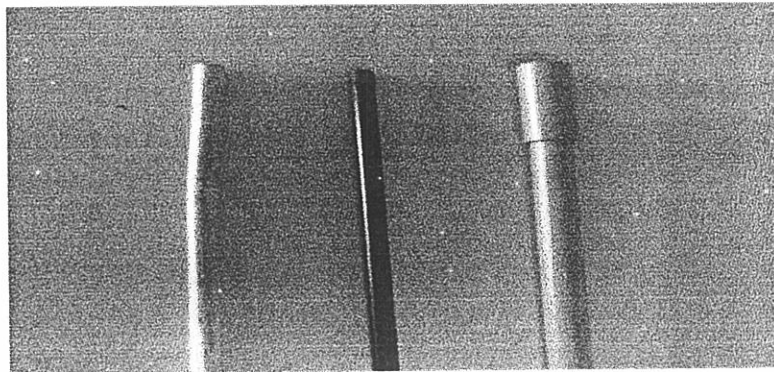
3.2.1 การหาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคาะ

การทดลองอันดับแรกทำการหาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคาะ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้คือ วัสดุและระยะทางที่ใช้ในการเคาะ ซึ่งทำโดย

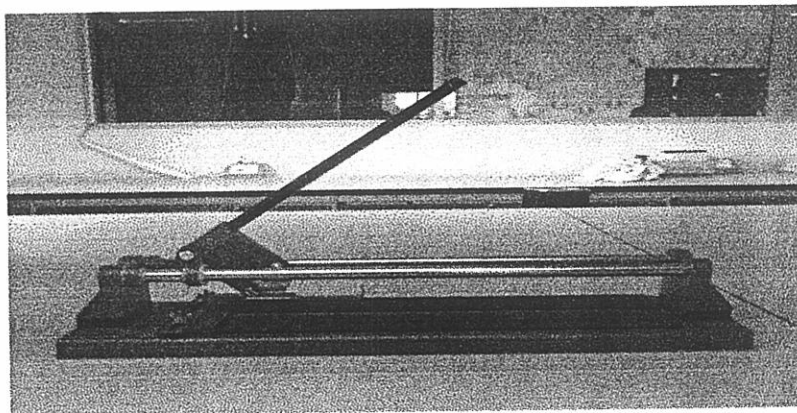
3.2.1.1 วัสดุที่ใช้ในการเคาะ โดยในที่นี้จะเลือกวัสดุคือไม้, พลาสติก, เหล็ก และนิ้วมือ จากนั้นทำการเคาะสับปะรดด้วยวัสดุที่ดังกล่าว แล้วเก็บข้อมูลเสียงด้วยเครื่องเอ็มพี 3

จากนั้นนำค่าเสียงที่ได้ไปเข้าโปรแกรม sound forge แล้วอ่านค่าเป็นความถี่เสียงที่มีหน่วยเป็น เฮิรท์ (Hz) เมื่อได้ข้อมูลแล้วนำไปวิเคราะห์โดยความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างและเลือกวัสดุที่ใช้ในการเคาะที่มีความใกล้เคียงที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้นิ้วมือเคาะ

3.2.1.2 ระยะเวลาที่ใช้เคาะสับปะรด เพื่อดูว่าระยะทางที่เหมาะสมที่ใช้ในการเคาะสับปะรด โดยในที่นี้จะกำหนดระยะที่ 10, 15, 20, 25 เซนติเมตร เมื่อกำหนดระยะได้แล้ว ทำการเคาะสับปะรดที่ระยะทางแตกต่างกันดังที่ได้กำหนดได้ เก็บข้อมูลของระยะทั้งหมดด้วยการบันทึกเสียงกับเครื่องเอ็มพี 3 จากนั้นนำค่าเสียงที่ได้ไปเข้าโปรแกรม sound forge แล้วอ่านค่าเป็นความถี่เสียงที่มีหน่วยเป็น เฮิรท์ (Hz) แล้วนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างและเลือกระยะทางที่ใช้ในการเคาะทำการวิเคราะห์และสรุปผล พารามิเตอร์ที่จะใช้ในการเคาะสับปะรด เพื่อทำเครื่องเคาะสับปะรดที่ใช้ในการทดลองหาความถี่ สั้นพ้อง



รูปที่ 3.10 : รูปแสดงวัสดุที่ใช้ในการเคาะ



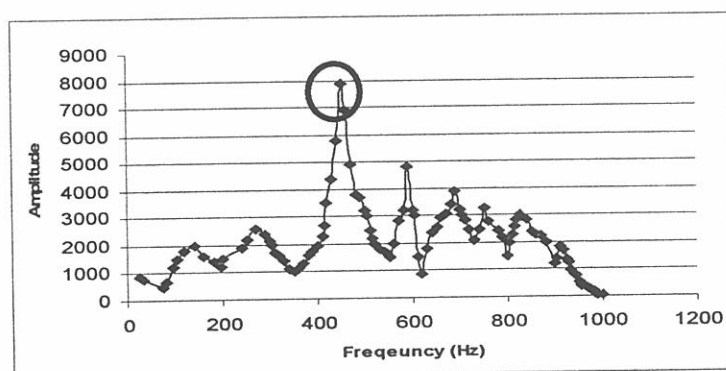
รูปที่ 3.11 : เครื่องเคาะสับปะรด

3.2.2 การวัดคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อใช้ในการคัดแยกสับปะรด

อันดับต่อมาทำการทดลองเก็บข้อมูลโดยใช้สมบัติทางกายภาพคือ ความถี่สั่นพ้อง ความหนาแน่น ค่าสี (L,a,b) ของทั้งสีเปลือกและสีเนื้อใน ค่าความเป็นกรดค่า และเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ โดยเริ่มจากการหาค่าความถี่สั่นพ้องโดยใช้เครื่องเคาะสับปะรด ซึ่งทำได้โดย

3.2.2.1 การหาค่าความถี่สั่นพ้อง มีขั้นตอน ดังนี้

1. ตัดตั้งเครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน
2. ชั่ง วัด บันทึกน้ำหนักและขนาดของสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง พร้อมกับ จัดตำแหน่งที่ต้องการเคาะบนสับปะรด โดยในการเคาะสับปะรดนั้น 1 ลูกจะทำการเคาะสับปะรดที่ 3 ตำแหน่ง คือตำแหน่งหัว , กลาง , และท้าย โดยแต่ละตำแหน่งทำการเคาะแบบสุ่ม ตำแหน่งละ 3 ครั้ง
3. นำสับปะรดวางบนเครื่อง ให้ตำแหน่งที่เคาะตรงกึ่งกลางของช่องที่เจาะไว้ และจากนั้นเลื่อนไมโครโฟนของเครื่องให้เข้าใกล้สับปะรดมากที่สุด
4. บันทึกเสียงที่ได้จากการเคาะ โดยเสียงจากการเคาะจะผ่านไมโครโฟนที่ต่อเข้ากับเครื่องเล่นเอ็มพีสาม ที่ทำการบันทึกเสียงที่ได้จากการเคาะ
5. นำเสียงที่ได้จากการบันทึกมาแปลงเป็นกราฟ แล้วบันทึกกราฟระหว่างความถี่สั่นพ้อง และข้อมูลเชิงตัวเลขของกราฟที่ได้จากโปรแกรม Sound Forge ความถี่สั่นพ้องของสับปะรดสามารถอ่าน ได้โดยตรงจากโปรแกรมซาวด์ฟอร์จที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเสียงเป็นความถี่ จุดที่อ่านค่าความถี่สั่นพ้อง ซึ่งในการนำมาหาความสัมพันธ์นั้น ใช้ค่าความถี่ในยอดสูงที่สุดมาวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 11 แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้
6. สรุปผลการวิเคราะห์ เพื่อหาความถูกต้องและแม่นยำของการวัด



รูปที่ 3.12 : กราฟลักษณะความถี่เสียงที่แปลงสัญญาณ

ที่มา : บัณฑิต จริโมภาส , 2547

3.2.2.2 การวัดความหนาแน่น โดยวิธีแทนที่น้ำ มีขั้นตอน ดังนี้ เมื่อวัดค่าความถี่สั่นพ้องแล้วอันดับต่อมาทำการวัดค่าความหนาแน่นของสัปดาห์ด้วยวิธีแทนที่น้ำ โดยทำการทดลองดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งเครื่องมือวัดความหนาแน่นและทำให้เที่ยงตรง
2. นำสัปดาห์ใส่สำหรับใส่สัปดาห์ที่ละลูก
3. หย่อนสัปดาห์ลงในน้ำ แล้วทำการอ่านค่าจากเครื่องชั่ง
4. บันทึกน้ำหนักของสัปดาห์ในน้ำแต่ละลูก
5. แปลงหน่วยสัปดาห์จากกิโลกรัมเป็นลิตร
6. บันทึกผลการทดลอง
7. คำนวณค่าความหนาแน่นตามสูตร $\rho = m/v$ โดยเก็บผลจากการคำนวณที่ได้

ในหน่วย g/ml

3.2.2.3 การวัดค่าสีเปลือก เมื่อวัดความหนาแน่นแล้วอันดับต่อมาวัดค่าสีเปลือกโดยใช้เครื่อง Chromameter โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. นำสัปดาห์มาวัดค่าสีเปลือกที่ 3 ตำแหน่งเช่นเดียวกับการวัดเสียง โดยวัดสีตำแหน่งละ 2 ครั้ง
2. เมื่อทำการคาร์เบตแล้ว นำหัววัดที่ได้ไปทำการวัดสีโดยทาบบที่เปลือกสัปดาห์ เครื่องจะบอกค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b ที่ได้จากการวัด โดยสัปดาห์ 1 ผล โดยให้นำผลที่ได้จากการวัดมาเฉลี่ยกันแล้วทำการบันทึกข้อมูลที่ได้
3. ทำการแปรผลและสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยจะได้ค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b เพื่อดูความแตกต่างของสีเปลือกสัปดาห์

3.2.2.4 การวัดค่าสีเนื้อใน โดยใช้เครื่อง Chromameter เช่นเดียวกับการวัดสีเปลือก ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำสัปดาห์มาวัดค่าสีเนื้อในที่ 3 ตำแหน่งเช่นเดียวกับการวัดเสียง โดยวัดสีตำแหน่งละ 2 ครั้ง
2. เมื่อทำการคาร์เบตแล้ว นำหัววัดที่ได้ไปทำการวัดสีโดยทาบบที่เนื้อสัปดาห์ เครื่องจะบอกค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b ที่ได้จากการวัด โดยสัปดาห์ 1 ผล โดยให้นำผลที่ได้จากการวัดมาเฉลี่ยกันแล้วทำการบันทึกข้อมูลที่ได้
3. ทำการแปรผลและสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยจะได้ค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b เพื่อดูความแตกต่างของสีเนื้อในสัปดาห์

3.2.2.5 การวัดเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix) มีขั้นตอน ดังนี้ เมื่อวัดค่าได้แล้วอันดับต่อมาวัดค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ และค่าความเป็นกรดต่าง โดยจะวัดค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ก่อนด้วยเครื่อง Refractometer แล้วนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ต่างด้วยเครื่อง pH meter โดยทำดังต่อไปนี้

1. นำสับปะรดที่ต้องการวัดมาปอกเปลือกและแกะตา
2. ตัดชิ้นเนื้อสับปะรดปริมาณพอเหมาะมาใส่ในภาชนะที่ต้องการคั้นน้ำ และคั้นให้ ได้น้ำปริมาณพอเหมาะ
3. นำแท่งแก้วจุ่มไปในภาชนะที่ใส่น้ำสับปะรด และหยดลงบนเครื่อง Refractometer
4. ทำการส่องเพื่อดูค่า % Brix ในที่ที่มีแสง และทำการบันทึกค่าที่ได้
5. แปรผลและสรุปผลการทดลอง

3.2.2.6 การวัดความเป็นกรดต่าง (pH) มีขั้นตอน ดังนี้

1. นำสับปะรดที่ต้องการวัดมาปอกเปลือกและแกะตา
2. ตัดชิ้นเนื้อสับปะรดปริมาณพอเหมาะมาใส่ในภาชนะที่ต้องการคั้นน้ำ และทำการคั้นให้ได้น้ำปริมาณพอเหมาะ
3. นำไปวัดค่า pH โดยใช้ pHmeter โดยทำการจุ่มหัว probe ของเครื่องลงในบีกเกอร์ที่ใส่น้ำสับปะรด หยดหรือจนกว่ากราฟบนเครื่องวัด pH นิ่ง แล้วบันทึกค่าที่เครื่องอ่านได้
4. แปรผลและสรุปผลการทดลอง

3.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพและการหาประสิทธิภาพของสับปะรด

3.3.1 เมื่อทดลองโดยใช้ดัชนีทางกายภาพทั้งหมด 120 ลูก ต่อมาหาความสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพในการคัดแยกสับปะรด โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์แบบ t-Test ของแต่ละดัชนี และนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ (Corelation) เพื่อพิจารณาดัชนีที่ใช้ในการแยกที่เหมาะสม

3.3.2 การหาประสิทธิภาพ โดยการใช้ดัชนีทางกายภาพมาหาเกณฑ์ในการคัดแยกสับปะรด โดยใช้วิธีการกระจายความถี่แบบฮิสโตแกรมด้วยความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แสดงการคำนวณ ภาคผนวก ง) ใช้เป็นจุดแบ่งระหว่างสับปะรดน้ำและไม่น้ำ เมื่อรู้เกณฑ์ในการแบ่งสับปะรดแล้ว ต่อมานำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียร์จำนวน 50 ลูก มาทดลองวัดความถี่สั้นพ้องโดยวิธีการดังข้อ 3.2.2.1 ข้างต้น หลังจากนั้นนำสับปะรดไปให้ผู้ชำนาญทำการคัดแยก ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกัน ให้ใส่คะแนนถูกต้องในใบบันทึกผล จากนั้นนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ

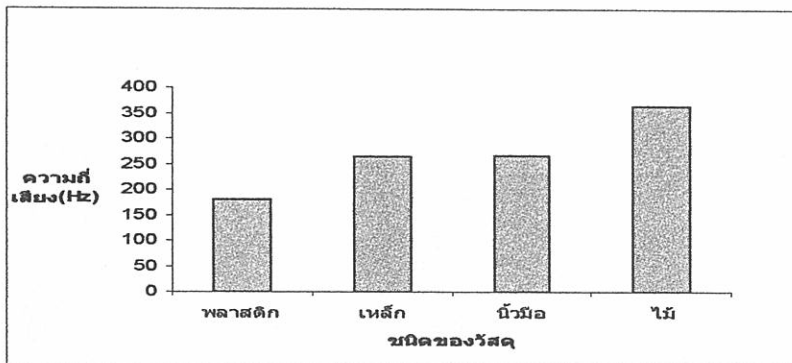
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การหาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคาะ

4.1.1 วัสดุที่ใช้ในการเคาะ

การหาวัสดุที่จะนำมาใช้ในการทดลอง โดยได้เลือกวัสดุ 4 ประเภทดังนี้ คือ ไม้ พลาสติก เหล็ก และนํ้ามီး จากนั้นได้ทดลองเคาะกับสับประรดคังวิธีการทดลองที่ 3.2.1.1 จากรูปที่ 12 และตารางที่ 3 พบว่าเหล็กและนํ้ามီး ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ จึงได้เลือกใช้เหล็กเป็นวัสดุที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการเคาะสับประรดต่อไป



รูปที่ 3.13 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เฉลี่ยของวัสดุที่ใช้ในการเคาะสับประรด

ตารางที่ 3.3 : ตารางแสดงความสัมพันธ์วัสดุที่ใช้ในการเคาะ

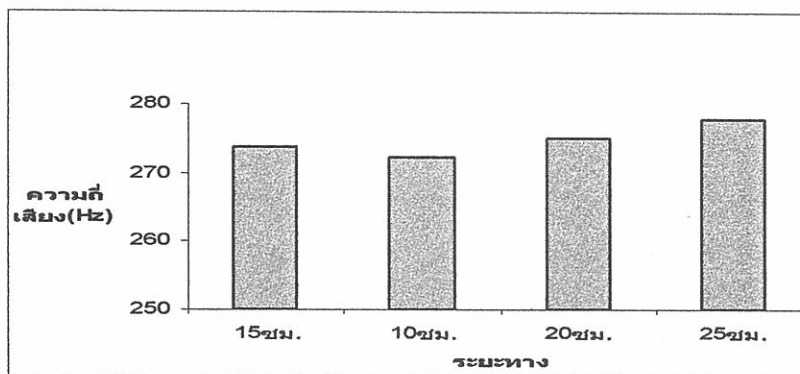
วัสดุ	จำนวนตัวอย่าง	ค่าความถี่เฉลี่ย (Hz)
พลาสติก	3	179.8 ^a ± 20.74
เหล็ก	3	264.9 ^{ns} ± 20.36
นํ้ามီး	3	265.9 ^{ns} ± 11.10
ไม้	3	364.9 ^b ± 11.47

หมายเหตุ ^{ns} - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษร a,b แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.2 ระยะทางที่ใช้เคาะสับประรด

การหาระยะทางที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้เลือกระยะทางดังนี้ คือ 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร ตามวิธีการทดลองที่ 3.2.1.2 มาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความถี่ จากรูปที่ 13 และตารางที่ 4 พบว่าระยะทางทั้งสี่ให้ค่าความถี่ที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสามารถเลือกระยะทางใดทางหนึ่งที่นำมาทดลองก็ได้ ในที่นี้ใช้ระยะทางที่ 15 เซนติเมตร เพราะเครื่องเคาะสับประรดสามารถกำหนดระยะทางได้ที่ 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 10ข และเพื่อให้แรงที่กระทำกับสับประรดมีค่าเท่ากัน ซึ่งมีผลต่อความถี่และการบันทึกเสียงเพื่อนำมาวิเคราะห์ ถ้าระยะทางน้อยเกินไป แรงที่ไปกระทบกับวัตถุจะทำให้เสียงเบา ไม่สามารถบันทึกข้อมูลเสียงได้ชัดเจน



รูปที่ 3.14 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงกับระยะทาง

ตารางที่ 3.4 : ตารางแสดงความสัมพันธ์ระยะที่ใช้ในการเคาะ

ระยะทาง	จำนวนตัวอย่าง	ค่าความถี่เฉลี่ย (Hz)
15 ซม.	3	270.2 ^{ns} ± 13.20
10 ซม.	3	273.6 ^{ns} ± 20.92
20 ซม.	3	275.0 ^{ns} ± 38.71
25 ซม.	3	277.7 ^{ns} ± 18.99

หมายเหตุ ^{ns} - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 การเปรียบเทียบค่าดัชนีทางกายภาพที่ใช้ในการคัดแยกสับประรด

การวิเคราะห์ค่าดัชนีที่ใช้ในการคัดแยกสับประรดน้ำและไม่น้ำ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติตามวิธีการทดลองในข้อ 3.2.2 พบว่าความถี่เสียง ความหนาแน่น Total Soluble Solid ($^{\circ}$ Brix) ค่าสีเนื้อภายใน (L, a) ให้ค่าเฉลี่ยของดัชนีทางกายภาพของสับประรดน้ำไม่น้ำที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 5 แสดงว่าความถี่เสียง ความหนาแน่น Total Soluble Solids ($^{\circ}$ Brix) ค่าสีเนื้อภายใน (L, a) เป็นดัชนีทางกายภาพที่สามารถคัดแยกสับประรดได้ จึงนำค่าที่มีความแตกต่างกันทั้ง 5 ดัชนีนี้มาหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีดังข้อ 3.2.3 ข้างต้น เพื่อพิจารณาดัชนีที่ใช้ในการแยกที่เหมาะสมในการใช้คัดแยกสับประรด ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.3 ต่อไป

ตารางที่ 3.5 : ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีทางกายภาพที่ใช้ในการคัดแยกสับประรดน้ำ-ไม่น้ำโดยใช้วิธี t-test แบบ Paired Samples Test

ดัชนี	ค่าเฉลี่ย	
	สับประรดน้ำ	สับประรดไม่น้ำ
ความถี่เสียง (f)	292.58 ^a ± 26.49	371.15 ^b ± 33.26
ความหนาแน่น (p)	1.134 ^a ± 0.14	1.052 ^b ± 0.13
ค่าสีเปลือก L	47.97 ^{ns} ± 4.49	46.82 ^{ns} ± 5.15
ค่าสีเปลือก a	4.42 ^{ns} ± 1.79	4.67 ^{ns} ± 2.80
ค่าสีเปลือก b	23.68 ^{ns} ± 4.36	23.81 ^{ns} ± 4.39
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.68 ^{ns} ± 0.12	3.69 ^{ns} ± 0.14
Total Soluble Solids ($^{\circ}$ Brix)	13.96 ^a ± 1.34	12.85 ^b ± 1.38
ค่าสีเนื้อ L	61.80 ^a ± 3.91	74.33 ^b ± 1.94
ค่าสีเนื้อ a	-2.16 ^a ± 0.45	-2.39 ^b ± 0.32
ค่าสีเนื้อ b	19.64 ^{ns} ± 3.47	20.51 ^{ns} ± 1.53

หมายเหตุ ^{ns} - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษร a,b แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของดัชนีที่ใช้ในการคัดแยกสับปะรด

ดัชนีทางกายภาพที่จะนำมาใช้ในการคัดแยกสับปะรด แบ่งเป็นดัชนีที่ไม่ทำลายกับดัชนีที่ทำลาย ในการคัดแยกควรใช้ดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด เพื่อสามารถนำสับปะรดไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ขณะที่ดัชนีที่ทำลายสับปะรดโดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพสับปะรดคือความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรดที่สามารถนำมาคัดแยกได้แก่ ความถี่เสียงและความหนาแน่น การทดลองนี้แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีที่ไม่ทำลายทั้งสอง

4.3.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด

จากข้อ 4.2 เมื่อทราบดัชนีที่มีผลต่อการคัดแยกสับปะรดฉ่ำไม่ฉ่ำโดยมีทั้งหมด 5 ดัชนี คือ ความถี่เสียง ความหนาแน่น Total Soluble Solids ($^{\circ}$ Brix) ค่าสีเนื้อภายใน (L, a) ดัชนีทั้ง 5 แบ่งออกเป็นดัชนีที่ทำลายสับปะรดคือ Total Soluble Solids ($^{\circ}$ Brix) ค่าสีเนื้อภายใน (L, a) และดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด คือ ความถี่เสียง ความหนาแน่น

ตารางที่ 6 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด ได้แก่ ความถี่เสียงกับความหนาแน่น พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงกับค่าความหนาแน่น ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีค่า $R = 0.059$ ซึ่งแสดงว่าดัชนีทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 3.6 : ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของดัชนีที่ใช้แบบไม่ทำลายสับปะรด

ดัชนี	ความหนาแน่น
ความถี่เสียง	0.059

4.3.2 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียง และความหนาแน่นกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความถี่เสียง และความหนาแน่นกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด แสดงในตาราง 7 พบว่า

ความถี่เสียงกับค่าสีเนื้อใน (L) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกันอย่างชัดเจนพอสมควร โดยมีค่า $R = 0.751$ ซึ่งมีค่าสูงที่สุดในดัชนีที่ทำการทดลองครั้งนี้ ความถี่เสียงกับเปอร์เซ็นต์บrix มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบเล็กน้อย โดยมีค่า $R = -0.404$ ความถี่เสียงกับค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบเล็กน้อย โดยมีค่า $R = -0.314$,

ส่วนความหนาแน่นกับเปอร์เซ็นต์บrix มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่า $R = -0.222$ ความหนาแน่นกับค่าความสว่าง(L) ของสีเนื้อใน มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่า $R = -0.193$ ความหนาแน่นกับค่าสี (a) ของสีเนื้อใน ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า $R = -0.070$

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบดัชนีที่ใช้ในการแยกด้วยวิธีแบบไม่ทำลายระหว่างความถี่เสียง กับความหนาแน่น วิธีการที่เหมาะสม คือความถี่เสียง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กับความสว่างของสีเนื้อใน (L) , ค่าสี (a) และ Brix สูงกว่า โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ ความสว่างของสีเนื้อใน (L) สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีคู่อื่น ดังแสดงผลในตารางที่ 7

ตารางที่ 3.7 : ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของดัชนีที่ใช้ในการแยกสับปะรดระหว่างดัชนีที่ไม่ทำลายผลสับปะรดกับดัชนีที่ทำลายผลสับปะรด ($n = 120$)

ดัชนี	L	a	Brix
ความถี่เสียง	0.751*	-0.314*	-0.404*
ค่าความหนาแน่น	-0.193*	-0.070	-0.222*

หมายเหตุ * หมายถึง มีค่าสหสัมพันธ์นั้นมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

4.4 การหาประสิทธิภาพของความถี่เสียงกับดัชนีที่ทำลายสับปะรด

เมื่อหาความสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพจากข้อ 4.3 ของดัชนีทางกายภาพที่ใช้ในการแยกสับปะรดแบบไม่ทำลาย ได้แก่ ค่าความถี่เสียง กับดัชนีที่ทำลายสับปะรด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L), ค่าสีเขียวแดง (a), ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ แล้วพบว่าความถี่เสียงกับดัชนีที่ทำลายทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กัน จากนั้นทำการคำนวณหาจุดแบ่งแยกของสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำด้วยวิธีการกระจายความถี่แบบฮิสโตแกรมจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของดัชนีค่าความถี่เสียง ค่าความสว่าง (L), ค่าสีเขียวแดง (a) และ ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ แล้วนำจุดแบ่งที่ได้นี้มาเป็นเกณฑ์ในการคัดแยก จากนั้นนำสับปะรดจำนวน 50 ลูก มาวัดค่าความถี่เสียง ค่าความสว่าง (L), ค่าสีเขียวแดง (a), ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ แล้วนำสับปะรดแต่ละลูกมาให้ผู้ชำนาญการทำการคัดแยก ตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ที่ได้ว่าตรงกัน ให้ใส่คะแนนถูกต้องในใบบันทึกผล จากนั้นนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ การคำนวณแสดงใน ภาคผนวก ง

รูปที่ 15 – รูปที่ 19 แสดงการหาจุดแบ่งแยกของสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำด้วยวิธีการกระจายความถี่แบบฮิสโตแกรมจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของดัชนีค่าความถี่เสียง ความหนาแน่น ค่าความสว่าง (L), ค่าสีเขียวแดง (a) และ ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์

จากรูปที่ 15 หาจุดแบ่งความถี่เสียงของสับปะรดน้ำและน้ำไม่ฉ่ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับปะรดน้ำบวกด้วยค่าที่คำนวณจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำลบด้วยค่าที่คำนวณจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดหรือทับกัน จุดนั้นเรียกว่า จุดแบ่งความถี่เสียง ซึ่งในที่นี้สำหรับความถี่เสียง หาได้จากสูตร $\bar{x} \pm 1.05SD$ (วิธีการคำนวณในภาคผนวก ง) ซึ่งจะได้จุดแบ่งความถี่เสียงอยู่ที่ 332.0 Hz หมายความว่าที่ความถี่เสียงต่ำกว่า 332.0 ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำ ส่วนที่ความถี่เสียงสูงกว่า 332.0 ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำ เมื่อได้ค่าความถี่เสียง ที่ใช้คัดแยกสับปะรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพในการคัดแยกเปรียบเทียบกับผู้ชำนาญ พบว่าเมื่อใช้สับปะรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรงกับการคัดแยกโดยผู้ชำนาญ 33 ลูก คิดเป็นประสิทธิภาพในการคัดแยกสับปะรด 66 %

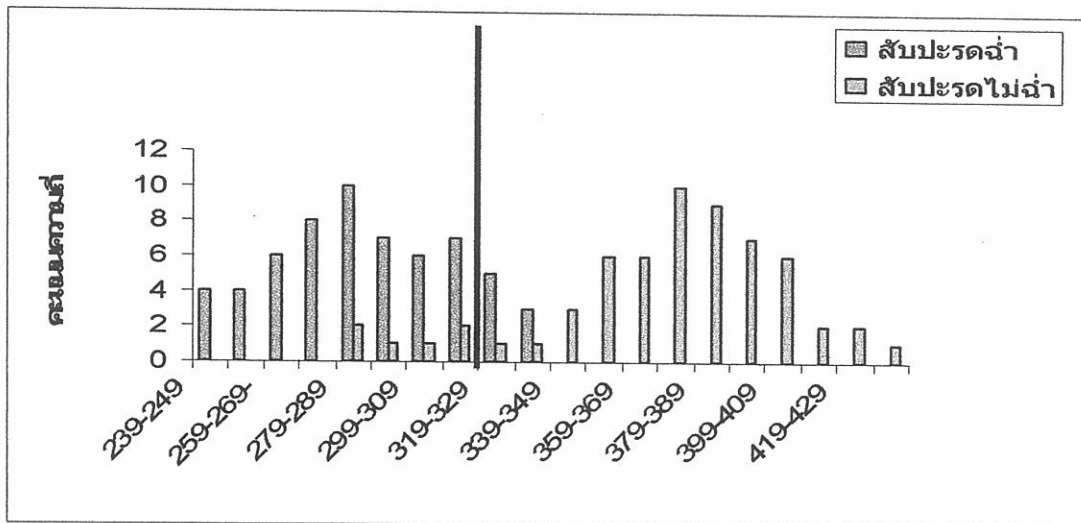
จากรูปที่ 16 หาจุดแบ่งความหนาแน่นของสับปะรดน้ำและน้ำไม่ฉ่ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับปะรดน้ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดหรือทับกัน จุดนั้นคือจุดแบ่งความหนาแน่น หาได้จากสูตร $\bar{x} \pm 0.163SD$ โดยจุดแบ่งความถี่เสียงอยู่ที่ 1.10 g/ml (แสดงการคำนวณ ภาคผนวก ง) หมายความว่าที่ความหนาแน่นต่ำกว่า 1.10 g/ml ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำ ส่วนที่ความหนาแน่นสูงกว่า 1.10 g/ml ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำไม่ฉ่ำ เมื่อได้ค่ากลางที่แบ่งที่ใช้คัดแยกสับปะรดแล้วนำมาหาค่า

ประสิทธิภาพในการคัดแยกเปรียบเทียบกับผู้ชำนาญ พบว่าเมื่อใช้สับประรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรงกับการคัดแยกโดยผู้ชำนาญ 26 ลูก คิดเป็นประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรด 5 %

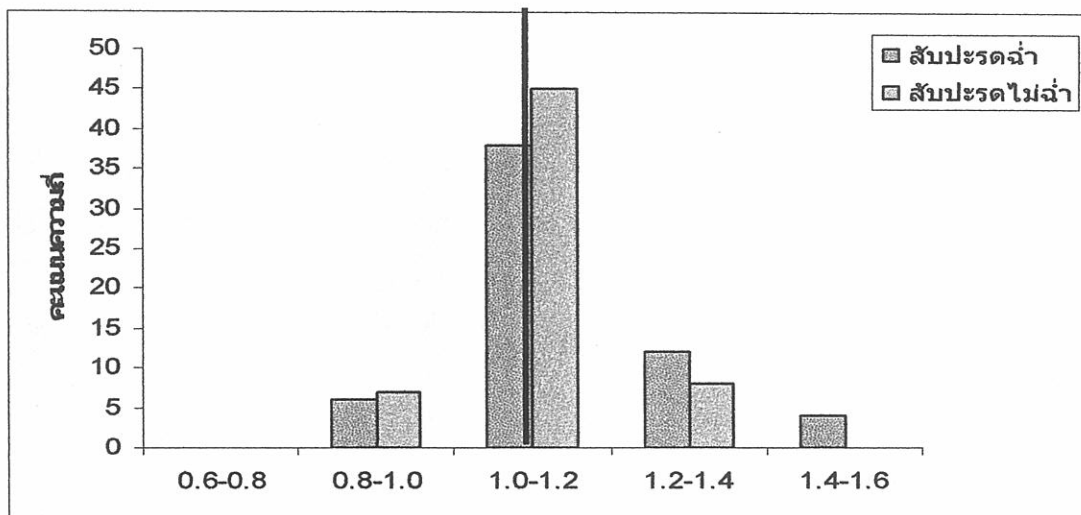
จากรูปที่ 17 หาจุดแบ่งค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) ของสับประรดฉ่ำและไม่ฉ่ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับประรดฉ่ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับประรดไม่ฉ่ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดหรือทับกัน จุดนั้นคือจุดแบ่งค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) หาได้จากสูตร $x_{bar} \pm 1.43SD$ โดยจุดแบ่งค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) อยู่ที่ 68.10 (แสดงการคำนวณ ภาคผนวก ง) หมายความว่าที่ค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) ต่ำกว่า 68.10 ถือว่าเป็นสับประรดไม่ฉ่ำ ส่วนที่ค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) สูงกว่า 68.10 ถือว่าเป็นสับประรดไม่ฉ่ำ เมื่อได้ค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) ที่ใช้คัดแยกสับประรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพในการคัดแยกเปรียบเทียบกับผู้ชำนาญ พบว่าเมื่อใช้สับประรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรงกับการคัดแยกโดยผู้ชำนาญ 42 ลูก คิดเป็นประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรด 84 %

จากรูปที่ 18 หาจุดแบ่งค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) ของสับประรดฉ่ำและไม่ฉ่ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับประรดฉ่ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับประรดไม่ฉ่ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดหรือทับกัน จุดนั้นคือจุดแบ่งสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) หาได้จากสูตร $x_{bar} \pm 0.32SD$ โดยจุดแบ่งความถี่เสียงอยู่ที่ -2.28 (แสดงการคำนวณ ภาคผนวก ง) หมายความว่าที่ค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) ต่ำกว่า -2.28 ถือว่าเป็นสับประรดไม่ฉ่ำ ส่วนที่ค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) สูงกว่า -2.28 ถือว่าเป็นสับประรดไม่ฉ่ำ เมื่อได้ค่ากลางที่ใช้คัดแยกสับประรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพในการคัดแยกเปรียบเทียบกับผู้ชำนาญ พบว่าเมื่อใช้สับประรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรงกับการคัดแยกโดยผู้ชำนาญ 20 ลูก คิดเป็นประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรด 40 %

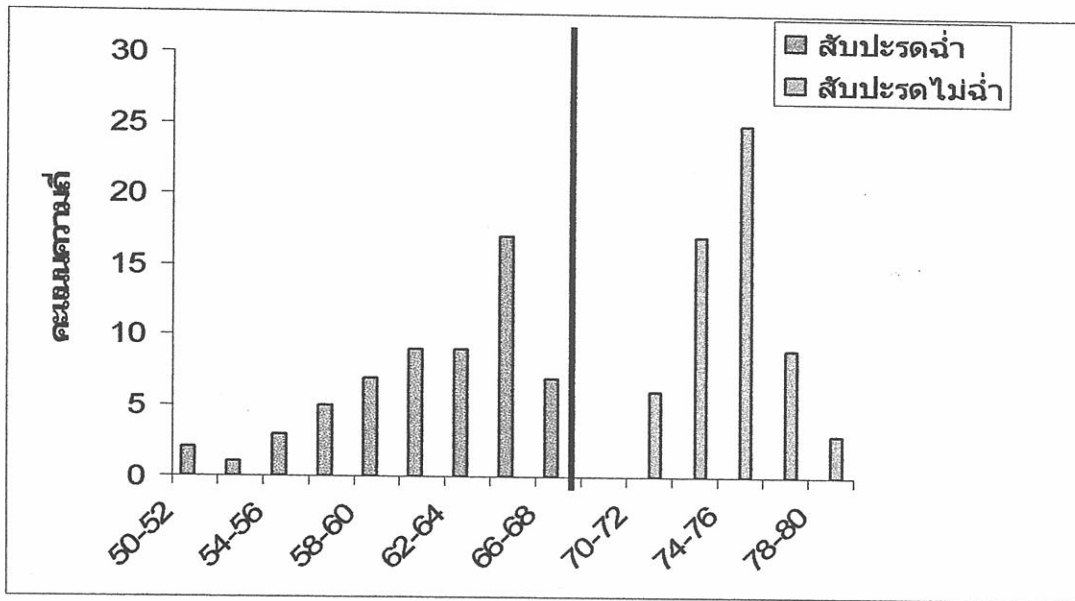
จากรูปที่ 19 หาจุดแบ่งเปอร์เซ็นต์บrixของสับประรดฉ่ำและไม่ฉ่ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับประรดฉ่ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับประรดไม่ฉ่ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดหรือทับกัน จุดนั้นคือจุดแบ่งเปอร์เซ็นต์บrix หาได้จากสูตร $x_{bar} \pm 1.40SD$ โดยจุดแบ่งเปอร์เซ็นต์บrixอยู่ที่ 13.22 (แสดงการคำนวณ ภาคผนวก ง) หมายความว่าที่ค่าเปอร์เซ็นต์บrixต่ำกว่า 13.22 ถือว่าเป็นสับประรดไม่ฉ่ำ ส่วนที่เปอร์เซ็นต์บrixสูงกว่า 13.22 ถือว่าเป็นสับประรดไม่ฉ่ำเมื่อได้ค่ากลางที่ใช้คัดแยกสับประรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพในการคัดแยกเปรียบเทียบกับผู้ชำนาญ พบว่าเมื่อใช้สับประรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรงกับการคัดแยกโดยผู้ชำนาญ 18 ลูก คิดเป็นประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรด 36 %



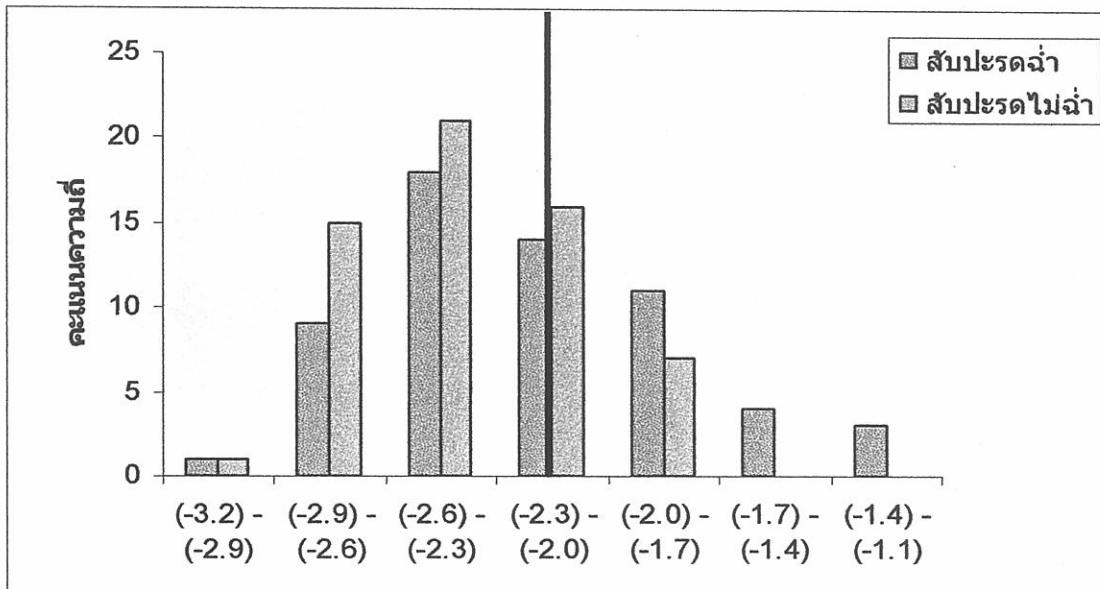
รูปที่ 3.15 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความถี่เสี่ยง



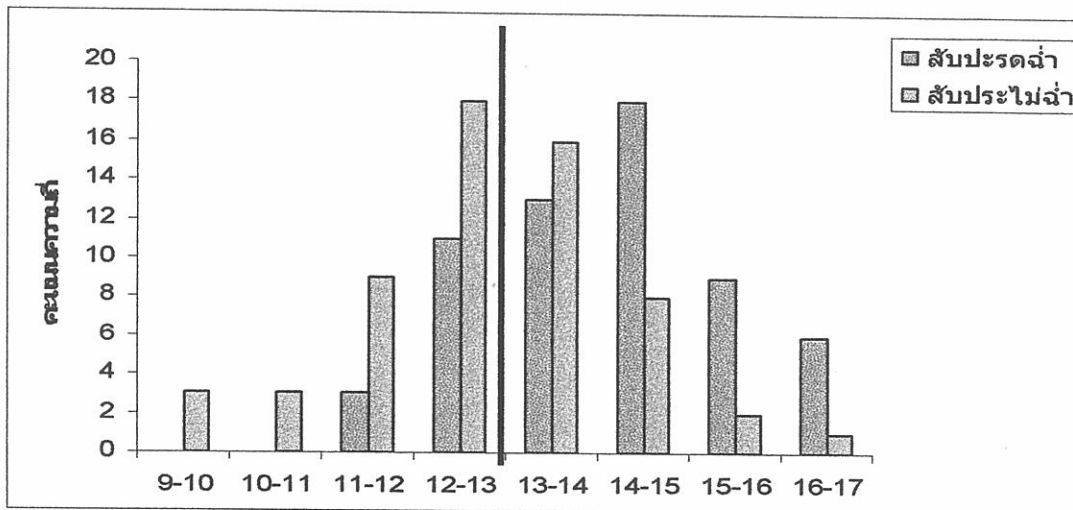
รูปที่ 3.16 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความหนาแน่น



รูปที่ 3.17 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าความสว่างของเนื้อใน (L)



รูปที่ 3.18 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าสีแดง - เจี้ยว (a)



รูปที่ 3.19 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์

ตารางที่ 8 แสดงผลประสิทธิภาพของดัชนีทั้ง 5 ได้แก่ ค่าความสว่างของเนื้อใน ความถี่สั้นพ้อง ความหนาแน่น ค่าสีแดง - เขียว ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ พบว่า ดัชนีที่ไม่ทำลายสับประรด ได้แก่ ค่าความถี่เสียง ได้ประสิทธิภาพในการคัดแยก 66 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัชนีที่ทำลายสับประรด ได้แก่ ค่าสีสว่างของเนื้อใน (L) มีเปอร์เซ็นต์การคัดแยกสูงถึง 84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าสีแดง-เขียวของเนื้อใน (a) และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ได้ประสิทธิภาพในการคัดแยกน้อยที่ 40 และ 36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 : ตารางแสดงประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรดของดัชนีต่างๆ

ดัชนีที่ใช้ในการคัดแยก	ประสิทธิภาพในการคัดแยก
ค่าสีความสว่าง (L)	84 %
ความถี่สั้นพ้อง	66 %
ความหนาแน่น	54 %
ค่าสีแดง-เขียว (a)	40 %
ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์	36 %

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ปัญหาพิเศษนี้ได้นำคุณสมบัติทางกายภาพมาใช้ในการคัดแยก โดยได้ศึกษาถึงดัชนีทางกายภาพดังนี้คือ ความถี่สั้นพ้อง ค่าความหนาแน่น สีเปลือกและสีเนื้อในของสับประรด (L, a, b) เเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ค่าความเป็นกรด - ด่าง มหาความสัมพันธ์เพื่อนำไปใช้ในการคัดแยกสับประรดน้ำ - ไม่น้ำ วิธีการทดลองเริ่มจากการนำสับประรดมาทำสัญลักษณ์ในตำแหน่งที่จะทำการเคาะ จากนั้น ชั่งน้ำหนัก วัดความกว้าง - ยาวของผลสับประรด แล้วนำสับประรดมาเคาะด้วยเครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) แล้วนำมาวัดค่าสีเปลือก หลังจากนั้นนำไปวัดความหนาแน่นด้วยวิธีการแทนที่น้ำ วัดค่าสีเนื้อภายใน (L, a, b) เเปอร์เซ็นต์บรีกซ์, ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามลำดับ จากนั้นหาความสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพ พบว่าดัชนีทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์กันจนถึงขั้นที่สามารถนำมาคัดแยกความน้ำ - ไม่น้ำของสับประรดได้มี 5 ดัชนี คือ ความถี่พ้องเสียง ความหนาแน่น ค่าสีสว่างของเนื้อใน (L) ค่าสีเขียว-แดงของสีเนื้อใน (a) และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพที่ใช้ในการคัดแยกสับประรด เปรียบเทียบระหว่างความถี่เสียงและความหนาแน่นกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับประรด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L), ค่าสีแดง - เขียว (a), และเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับค่าสว่างเนื้อใน (L) มีค่าสูงสุดในการทดลอง โดยได้ค่า $R = 0.751$ ดัชนีทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนพอสมควรในเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าค่าความถี่เสียงเป็นดัชนีที่แสดงคุณภาพภายในของสับประรดได้ดีกว่าความหนาแน่น

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดแยกสับประรดน้ำและไม่น้ำ ด้วยดัชนีทางกายภาพ โดยใช้ตัวอย่างสับประรด 50 ตัวอย่าง และใช้วิธีการแจกแจงความถี่ด้วยฮิสโตแกรมพบว่า การคัดแยกสับประรด โดยใช้ดัชนีที่ไม่ทำลายผลสับประรดคือ ความถี่สั้นพ้อง ให้ประสิทธิภาพในการคัดแยก 66 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการใช้ค่าความหนาแน่นซึ่งมีค่าเท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์ และอาจถือว่ายังไม่สูงมากนัก จึงน่าจะใช้ร่วมกับวิธีการอื่นมาช่วยในการคัดแยกให้มีประสิทธิภาพในการคัดแยกเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนดัชนีที่ทำลายสับประรดอีกสามประการคือ ค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน ค่าสีเขียว - แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ได้ประสิทธิภาพในการแยก 84 40 และ

36 เปอร์เซนต์ตามลำดับ พบว่าค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน มีประสิทธิภาพในการคัดแยกสูง แต่เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องทำลายสับปะรดทำให้ไม่สามารถนำมาใช้คัดแยกสับปะรดในทางปฏิบัติได้ แต่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีคุณภาพอ้างอิงที่มีความสัมพันธ์กับความน้ำ-ไม่น้ำได้ดีมาก ส่วนค่าสีเขียว - แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรืกซ์ ได้ประสิทธิภาพในการคัดแยกต่ำ และเป็นวิธีการที่ทำลายสับปะรดจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการคัดแยกสับปะรดหรือไม่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ-ไม่น้ำของสับปะรดได้

บรรณานุกรม

- วีระพงษ์ เถกิมจิระรัตน์ 2546 วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ พิมพ์ครั้งที่ 10 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร
- กนต์ธร ขำนิประศาสตร์ 2545 การสั้นทางกล กรุงเทพมหานคร ป.เพ็รยตัน เอ็ดดูเคชันอินโดไชน่า จำกัด
- ก่อเกียรติ บุญชูกุลศด 2539 การวิเคราะห์การสั้นสะเทือน พิมพ์ครั้งที่1 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร
- บัณฑิต จริโมภาส. 2547 เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อนของผลไม้. การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 ประจำปี 2547. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร
- จิราพรรณ คล้ายกิจจา. 2546. สับปะรด. พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษรสยามการพิมพ์
- Clark, R.L. 1997. An investigation of the acoustic properties of pineapple as related to maturity. American Society of Agricultural Engineering. St. Josept, Michigan.
- Kongrattanaprasert, W., Arunrungrusmi, S., Pungsiri, B., Chamnongthai, K. and Okuda, M.2001. Nondestructive maturity determination of durian by force vibration and ultrasonic. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based System 9(6):703-719
- Leemans, V., Magein, H. and Destaina, M.F. 2002 On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. Biosystems Engineering 83(4):397-404
- Yamamoto. H., Iwamoto, M. and Haginuma, S. 1980. Acoustic impulse response method for measuring natural frequency of intact fruits and preliminary application to internal quality evaluation of apples and watermelons. Journal of Texture Studies 11: 117-136
- DANIEL J. INMAN, Engineering Vibration, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey,1994.

ภาคผนวก ก.1

ตารางที่ 9 ก.1 แสดงผลดัชนีในการคัดแยกสับประดจำนวน 120 ลูก

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
1	304.79	1.02	67.00	-2.58	22.94	3.63	15.2	1.00	985
2	246.65	1.12	64.68	-2.45	25.35	3.71	12.8	1.2	1070
3	284.88	1.10	58.09	-0.87	22.54	3.57	15.0	1.22	1105
4	270.15	1.02	63.97	-2.36	18.89	3.62	15.2	1.00	980
5	282.18	1.13	64.26	-1.51	22.95	3.50	12.4	1.20	1065
6	249.82	1.07	60.85	-2.08	16.29	3.47	14.6	1.07	1000
7	255.13	1.09	64.34	-2.17	19.93	3.34	15.0	1.00	920
8	319.58	1.09	56.22	-1.8	13.71	3.61	14.2	1.10	1005
9	273.66	1.04	62.44	-2.61	23.22	3.77	13.8	1.10	1055
10	289.38	1.09	64.5	-2.51	20.49	3.58	16.2	1.08	990
11	324.10	1.16	62.81	-1.82	23.42	3.61	13.4	0.97	835
12	279.23	1.04	61.63	-2.02	17.99	3.55	14.4	1.10	1055
13	250.17	1.13	65.4	-2.22	23.76	3.52	14.2	1.20	1060
14	275.72	1.01	59.75	-2.33	16.11	3.57	14.6	1.46	1450
15	320.29	1.04	59.8	-2.52	17.72	3.7	14.6	1.10	1055
16	322.26	1.03	50.89	-1.20	18.43	3.51	15.8	0.90	875
17	288.88	1.15	64.76	-2.39	23.39	3.8	15.0	1.23	1065
18	284.48	1.05	64.37	-2.15	21.37	3.47	12.4	0.9	860
19	277.68	1.08	61.97	-2.33	19.98	3.58	15.8	1.15	1067
20	284.91	1.09	64.14	-2.62	19.73	3.71	16.0	1.00	920
21	274.04	1.04	62.09	-2.12	23.19	3.66	13.8	1.30	1250
22	301.08	0.98	63.51	-2.05	24.27	3.64	15.0	0.95	970
23	262.07	1.04	67.28	-2.56	22.04	3.9	16.4	0.9	860
24	294.75	0.97	64.15	-2.41	21.9	3.73	15.0	0.95	975
25	338.13	1.20	65.19	-1.60	23.59	3.85	14.4	1.25	1045

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
26	257.76	1.02	67.00	-2.58	22.94	3.63	15.2	1.00	985
27	282.18	12.2	63.20	-2.03	17.94	3.79	14.8	1.00	985
28	277.38	12.5	61.52	-2.71	22.95	3.74	14.4	1.00	980
29	317.98	12.1	56.26	-1.33	19.15	3.80	13.0	1.00	945
30	317.86	11.4	64.99	-2.89	23.46	3.65	16.0	0.85	725
31	286.85	13.0	60.57	-1.49	18.13	3.76	15.0	1.18	1060
32	284.17	13.4	66.97	-2.49	24.51	3.77	15.0	1.15	1067
33	306.22	11.8	59.14	-1.66	16.02	3.82	15.4	0.95	830
34	291.97	13.1	66.07	-2.92	21.68	3.63	13.0	1.02	985
35	296.08	12.3	62.08	-2.92	17.36	3.85	13.0	1.04	970
36	263.01	12.5	64.76	-2.13	23.76	3.8	14.8	1.02	1015
37	284.07	12.8	50.33	-1.11	16.58	3.88	14.8	0.98	905
38	308.28	11.1	63.28	-2.63	24.08	3.76	16.0	0.7	670
39	292.30	11.7	65.27	-2.38	21.66	3.86	16.0	1.00	920
40	310.28	12.6	66.04	-2.28	23.93	3.79	16.2	1.10	1055
41	323.27	11.9	64.65	-2.20	20.16	3.60	13.0	0.89	870
42	322.49	15.1	63.09	-2.31	19.14	3.65	11.8	1.00	775
43	246.22	11.2	55.40	-1.86	12.01	3.75	12.0	0.73	478
44	315.04	15.3	60.37	-2.43	16.32	3.77	13.0	1.23	945
45	314.69	14.6	61.44	-1.57	18.43	3.68	13.0	0.97	700
46	278.24	12.4	66.50	-2.05	19.49	3.77	13.2	0.94	720
47	315.43	11.3	57.95	-1.99	16.69	3.68	14.0	0.79	600
48	291.75	12.9	58.99	-2.79	15.89	3.70	14.0	0.81	610
49	295.88	11.8	65.48	-2.40	21.32	3.55	12.8	0.96	770
50	317.23	12.5	54.42	-1.89	15.06	3.66	12.2	0.86	660
51	243.67	12.1	59.98	-2.04	20.85	3.84	16.2	1.00	780
52	267.83	13.0	59.08	-2.41	17.49	3.68	14.0	0.94	780
53	328.24	11.5	61.40	-2.39	19.13	3.78	12.0	0.73	490
54	337.35	11.4	61.44	-2.14	20.4	3.67	15.0	0.81	525
55	239.91	13.1	67.52	-2.56	22.69	3.7	13.0	0.84	585

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
56	335.39	11.4	55.57	-1.85	12.57	3.57	11.4	0.67	720
57	321.83	11.3	65.18	-2.70	20.32	3.73	13.0	0.78	630
58	326.98	12.6	61.02	-1.91	14.40	3.66	12.0	0.70	655
59	328.04	1.04	56.11	-1.83	12.64	3.74	13.8	0.57	550
60	275.01	1.04	60.50	-1.78	14.60	3.63	13.4	0.71	680
61	377.35	0.96	75.52	-2.85	21.26	3.70	13.4	1.30	1300
62	344.10	0.97	72.56	-1.88	19.29	3.61	12.6	0.92	910
63	296.33	0.81	72.5	-2.18	22.36	3.77	12.8	1.50	1450
64	394.66	1.12	73.14	-2.64	21.69	3.66	12.6	1.20	1090
65	343.3	1.01	73.10	-2.55	20.11	3.58	16.2	1.00	970
66	340.2	0.84	73.09	-2.31	21.30	3.70	14.8	1.03	985
67	352.76	0.98	74.8	-2.11	18.18	3.50	12.4	1.17	1105
68	395.28	0.75	70.88	-2.22	20.18	3.46	13.4	1.00	965
69	393.55	1.10	71.86	-1.91	18.71	3.60	11.8	0.98	960
70	282.03	0.93	71.95	-1.89	19.58	3.45	11.6	1.00	975
71	383.33	1.15	74.28	-2.11	17.74	3.50	12.0	0.90	845
72	393.45	0.92	72.66	-2.48	19.95	3.41	14.6	1.00	970
73	396.04	0.96	73.44	-2.24	19.49	3.57	12.6	1.30	1350
74	380.25	1.00	71.22	-2.27	20.55	3.42	15.8	1.00	955
75	409.95	1.05	73.82	-2.20	19.37	3.55	14.2	1.10	1100
76	376.25	0.87	71.57	-2.39	19.27	3.69	15.2	1.20	1200
77	352.97	0.87	73.88	-2.63	21.15	3.54	12.2	1.10	1085
78	408.54	0.93	74.25	-2.29	20.07	3.69	13.8	1.16	1140
79	405.23	0.94	74.17	-1.90	19.24	3.65	13.6	1.15	1105
80	361.88	0.80	73.19	-1.98	19.94	3.69	14.6	1.00	955
81	369.18	0.98	74.99	-2.55	20.28	4.05	14.8	0.94	960
82	317.69	1.02	72.96	-2.03	19.78	3.67	13.2	0.92	10
83	352.78	1.07	74.35	-2.19	21.33	3.79	14.6	0.90	845
84	394.21	1.02	72.74	-2.46	20.44	3.67	13.4	1.05	1030
85	372.12	0.98	72.52	-2.53	20.43	3.73	13.0	1.12	1140

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
86	375.38	0.96	72.49	-2.39	20.73	3.80	13.4	0.88	915
87	276.94	1.04	71.84	-2.04	18.48	3.61	13.2	0.85	820
88	308.03	0.99	74.85	-1.69	16.85	3.70	13.6	0.97	980
89	370.57	1.02	73.03	-2.04	17.85	3.72	12.4	0.86	840
90	310.58	1.02	71.56	-1.81	19.70	3.88	14.0	0.98	960
91	373.76	0.99	73.25	-2.64	20.86	3.78	13.8	0.82	830
92	389.27	1.07	74.17	-3.21	17.59	3.70	13.6	0.96	900
93	374.86	1.13	74.36	-2.24	21.65	3.76	12.0	0.97	860
94	382.91	1.03	72.79	-2.17	18.04	3.74	13.8	1.00	970
95	380.65	1.05	73.95	-2.26	22.03	3.69	13.4	0.84	800
96	323.91	1.04	71.85	-2.60	21.25	3.81	14.2	1.08	1040
97	364.71	1.03	75.70	-2.37	20.43	3.90	13.8	0.80	780
98	406.30	0.97	74.98	-2.04	20.14	3.74	13.0	1.00	1030
99	348.48	1.01	75.80	-2.07	19.63	3.73	13.0	0.82	810
100	350.98	1.05	74.52	-2.18	21.92	3.64	13.4	0.89	845
101	404.83	1.09	72.55	-2.40	21.98	3.55	11.2	1.21	1110
102	406.68	1.09	79.20	-2.81	22.16	3.70	12.0	1.01	925
103	402.52	1.10	77.94	-2.56	19.79	3.69	10.4	0.69	628
104	378.88	1.10	76.42	-2.74	22.14	3.97	12.2	0.69	630
105	401.41	1.19	76.92	-2.45	20.70	3.73	10.0	1.07	900
106	402.13	1.06	77.73	-2.74	21.12	3.83	12.4	0.93	875
107	388.19	1.15	76.31	-2.59	20.80	3.73	12.6	0.69	600
108	371.56	1.20	76.28	-2.57	20.38	3.60	11.0	0.85	708
109	353.65	1.12	74.73	-2.41	21.02	3.74	11.6	0.91	810
110	373.01	1.11	75.44	-2.81	21.05	3.89	11.6	0.77	695
111	339.37	1.16	78.40	-3.05	22.79	3.62	9.80	0.81	700
112	369.21	1.13	75.46	-2.69	25.55	3.55	11.2	0.86	759
113	415.63	1.31	78.27	-2.57	19.84	3.58	11.8	0.72	548
114	396.41	1.37	76.12	-2.74	21.37	3.74	11.8	0.74	540
115	366.89	1.26	75.46	-2.40	21.01	3.68	9.60	1.02	810

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
116	366.67	1.04	74.93	-2.61	23.35	3.84	12.4	0.71	680
117	424.97	1.31	74.33	-2.71	20.25	3.74	12.2	0.69	525
118	381.23	1.42	76.43	-2.69	22.68	4.06	12.6	0.60	420
119	364.57	1.32	76.36	-2.64	21.83	3.82	13.2	0.61	460
120	430.19	1.14	75.78	-2.53	21.86	3.61	11.4	0.50	440

** หมายเหตุ ลูกที่ 1-60 คือ สับประค่น้ำ, ลูกที่ 61-120 คือ สับประคไม่ค่น้ำ

ภาคผนวก ก.2

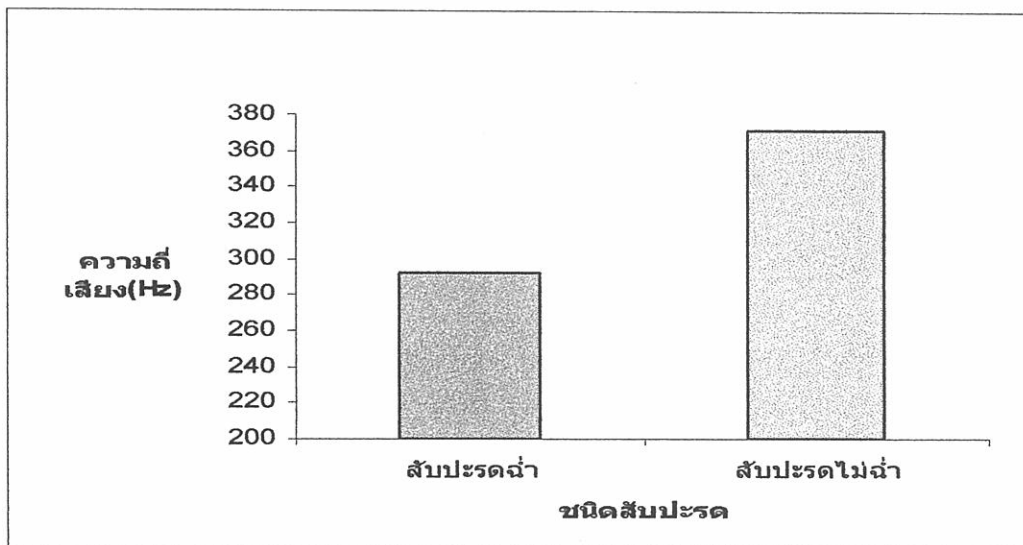
ตารางที่ 10 ก.2 ค่าดัชนีที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของสับปรด 50 ลูก

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
1	289.44	1.02	53.02	-2.51	16.81	4.22	9.4	1.53	1500
2	354.03	1.05	64.39	-3.39	22.98	4.02	12.9	1.42	1355
3	374.58	1.10	55.05	2.68	17.16	4.02	12.6	1.48	1349
4	294.92	1.14	76.75	-3.30	18.49	3.89	13.3	1.96	1720
5	358.46	1.03	61.59	-2.12	17.78	3.79	12.8	1.27	1225
6	303.80	1.10	57.94	-3.22	20.72	3.79	13.2	1.24	1130
7	383.40	1.03	73.54	-2.50	27.14	3.91	12.1	1.14	1100
8	350.74	1.02	58.28	-3.13	19.69	3.87	11.1	2.14	2095
9	290.24	1.07	57.31	-2.44	18.02	3.78	11.9	1.89	1750
10	369.07	1.05	63.95	-3.21	22.71	3.79	13.2	1.78	1700
11	287.67	1.07	59.24	-2.26	17.66	4.01	12.4	1.27	1180
12	317.86	1.04	50.25	-2.52	15.32	3.94	12.4	1.29	1240
13	347.32	1.08	57.57	-2.72	17.79	3.79	11.0	1.16	1075
14	268.70	1.09	61.24	-3.19	18.70	3.90	11.6	1.16	1070
15	377.81	1.05	71.25	-2.50	25.55	3.94	14.2	1.54	1465
16	383.77	1.03	61.16	-2.79	22.14	4.04	11.6	1.64	1600
17	321.41	1.03	59.00	-2.69	23.06	3.85	12.0	1.92	1860
18	297.29	1.09	60.53	-2.79	20.06	4.08	13.4	1.29	1190
19	323.13	1.07	74.09	-2.46	21.28	3.82	11.0	1.38	1285
20	365.25	1.030	63.27	-2.81	24.32	3.96	12.9	1.18	1140
21	347.80	1.040	69.04	-2.79	27.66	4.12	13.2	1.48	1425
22	289.54	1.101	62.86	-3.31	22.66	3.96	12.6	1.72	1560
23	298.31	1.034	61.58	-3.33	23.76	3.86	12.2	1.04	1010
24	274.27	1.033	64.99	-2.64	24.02	3.96	13.5	1.29	1250
25	351.18	1.111	64.51	-2.47	24.72	4.11	14.3	1.20	1080

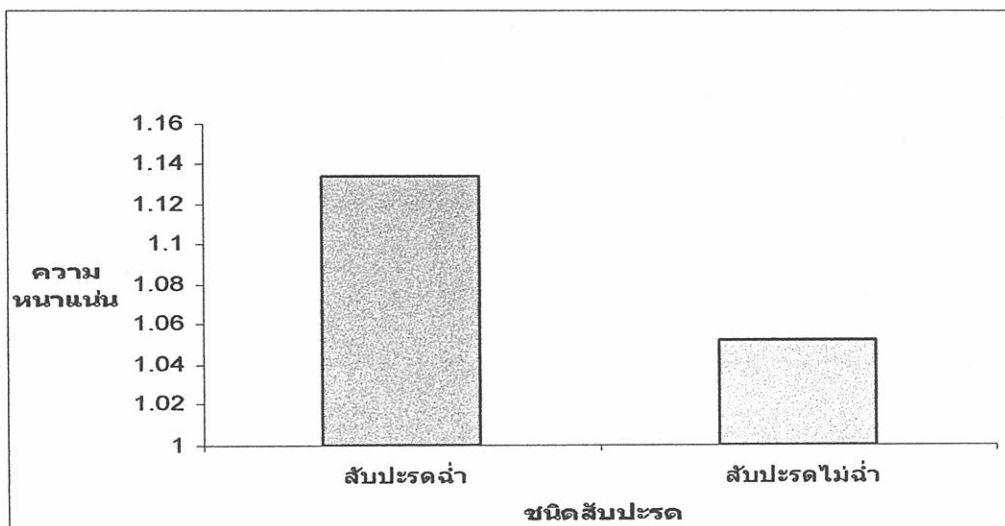
ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
26	389.91	1.016	74.14	-3.40	26.68	4.12	17.2	1.46	1440
27	402.73	1.049	73.16	-3.94	29.71	4.02	15.0	1.43	1365
28	347.84	1.015	70.81	-3.52	24.66	4.06	14.8	1.71	1680
29	275.56	1.23	1080	-3.21	18.86	4.15	14.6	1.23	1080
30	329.03	1.33	1210	-3.33	23.69	4.13	12.4	1.33	1210
31	343.12	1.38	1340	-2.79	27.07	4.13	10.4	1.38	1340
32	374.96	1.62	1555	-3.33	25.45	4.10	10.2	1.62	1555
33	280.96	1.24	1190	-4.12	27.03	4.04	14.8	1.24	1190
34	336.44	1.52	1350	-3.42	27.98	4.06	15.2	1.52	1350
35	338.53	1.34	1260	-3.04	26.89	3.82	14.0	1.34	1260
36	359.50	1.43	1295	-2.80	24.15	4.02	12.8	1.43	1295
37	264.49	1.16	1140	-3.72	27.51	4.02	17.8	1.16	1140
38	339.94	1.33	1330	-3.79	27.05	4.02	13.0	1.33	1330
39	390.57	1.47	1450	-3.55	26.28	3.89	14.6	1.47	1450
40	344.86	1.49	1330	-3.52	28.82	4.03	8.4	1.49	1330
41	326.95	1.03	915	-1.98	19.94	4.10	18.0	1.03	915
42	352.33	1.34	1390	-2.41	22.96	3.96	16.2	1.34	1390
43	372.31	1.64	1390	-2.74	22.82	4.05	16.9	1.64	1390
44	299.76	1.57	1585	-3.04	19.13	4.03	17.4	1.57	1585
45	311.03	1.22	1220	-2.20	24.17	3.94	8.9	1.22	1220
46	389.04	1.25	1075	-2.62	20.64	3.98	10.8	1.25	1075
47	335.83	0.86	765	-2.75	19.76	4.07	18.9	0.86	765
48	290.59	1.34	1210	-2.80	20.03	4.03	14.7	1.34	1210
49	327.23	1.61	1580	-2.73	21.67	3.88	14.6	1.61	1580
50	356.56	1.38	1435	-2.67	21.68	4.10	13.2	1.38	1435

ภาคผนวก ข.

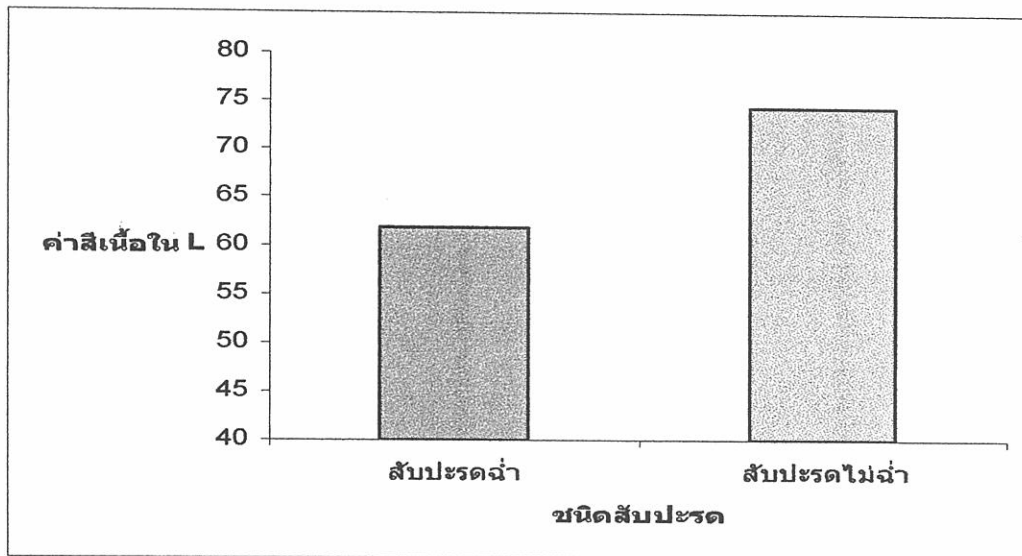
กราฟแสดงการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการคัดแยกสับปะรด



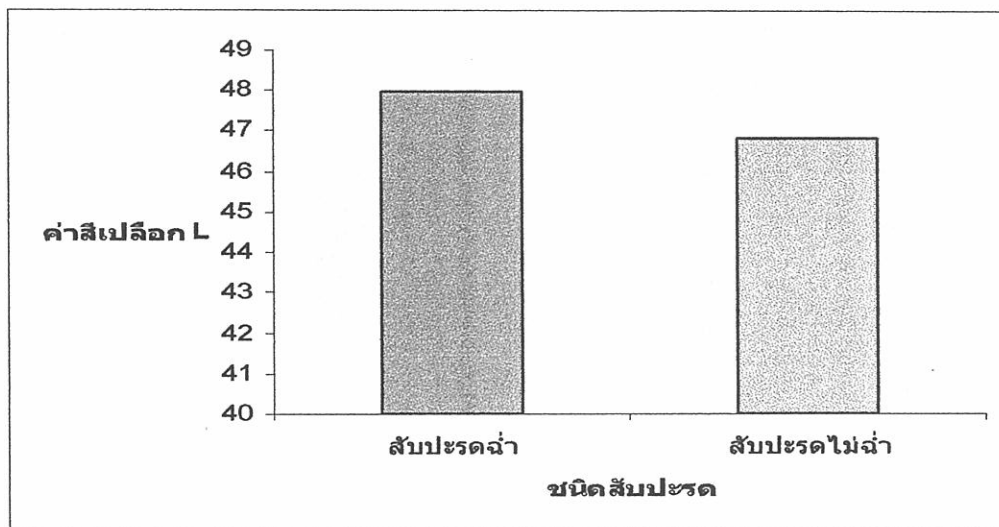
รูปที่ 20 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับชนิดของสับปะรด



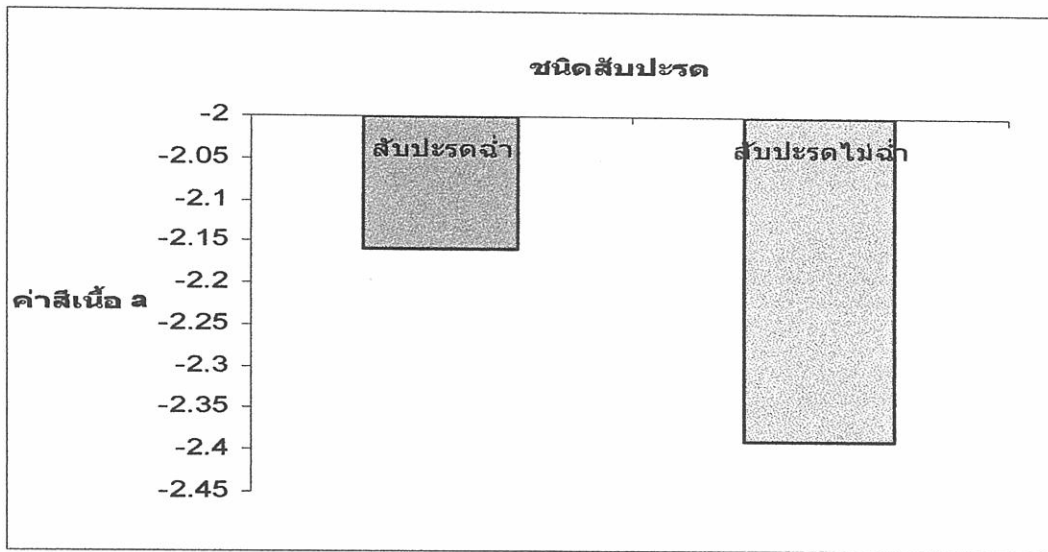
รูปที่ 21 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับชนิดของสับปะรด



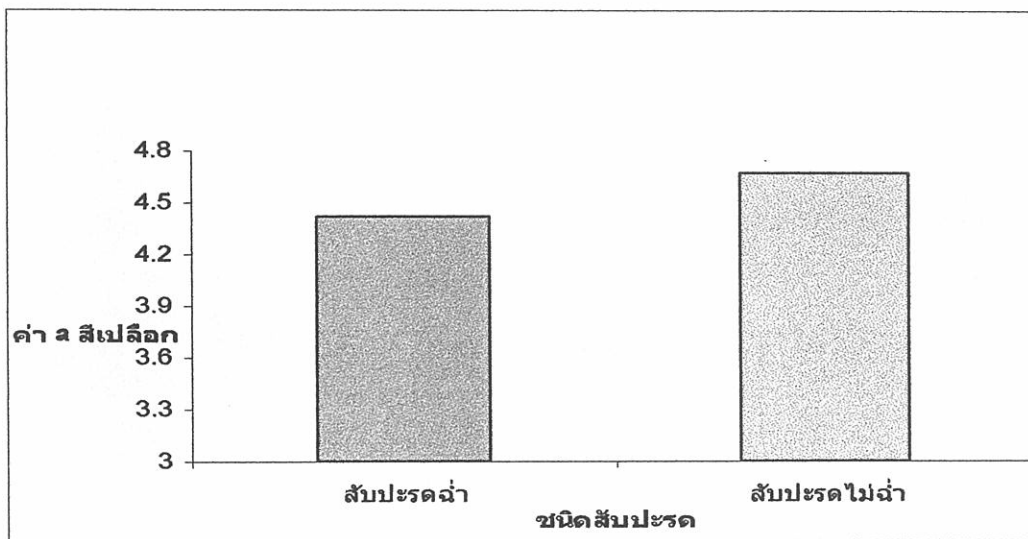
รูปที่ 22 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความสว่างของสีเนื้อใน (L) กับชนิดของสับปรด



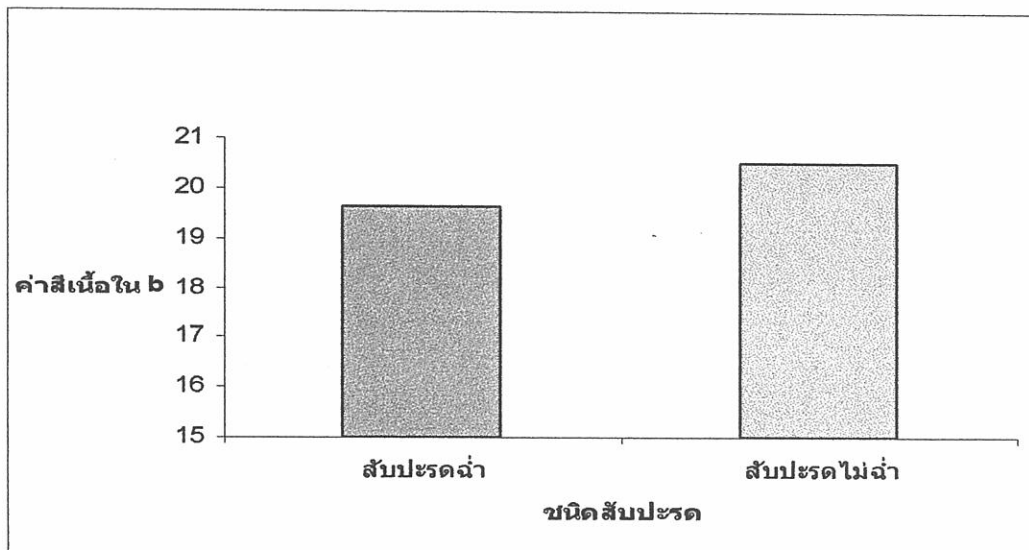
รูปที่ 23 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความสว่างของสีเปลือก (L) กับชนิดของสับปรด



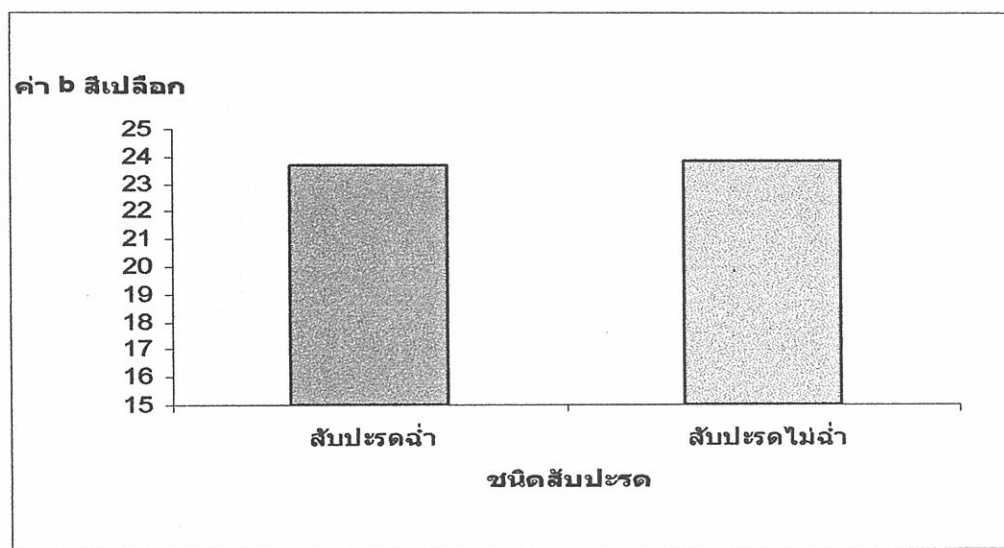
รูปที่ 24 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสีแดง - เขียวของเนื้อใน (a) กับชนิดของสับปะรด



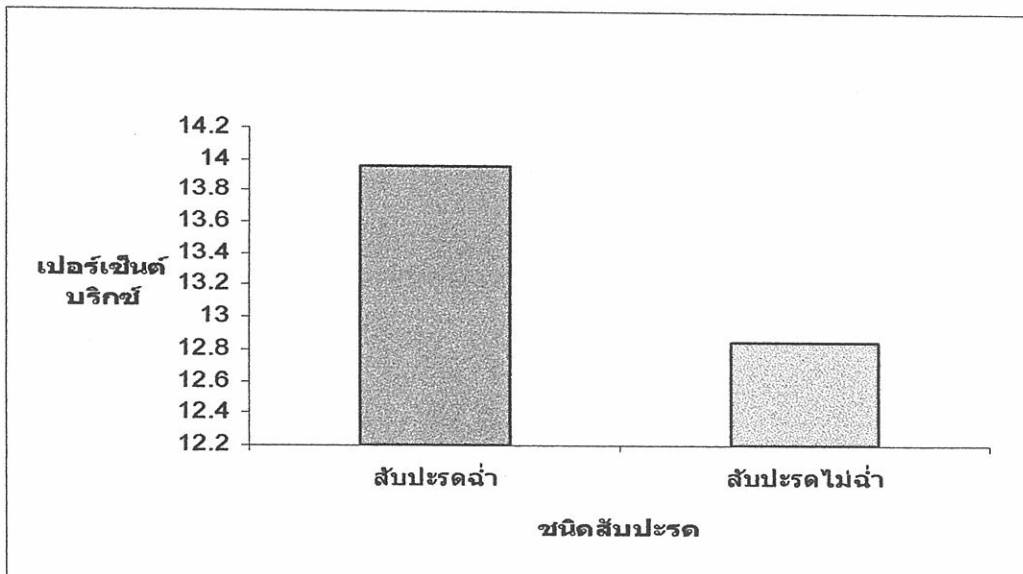
รูปที่ 25 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสีแดง - เขียวของสีเปลือก (a) กับชนิดของสับปะรด



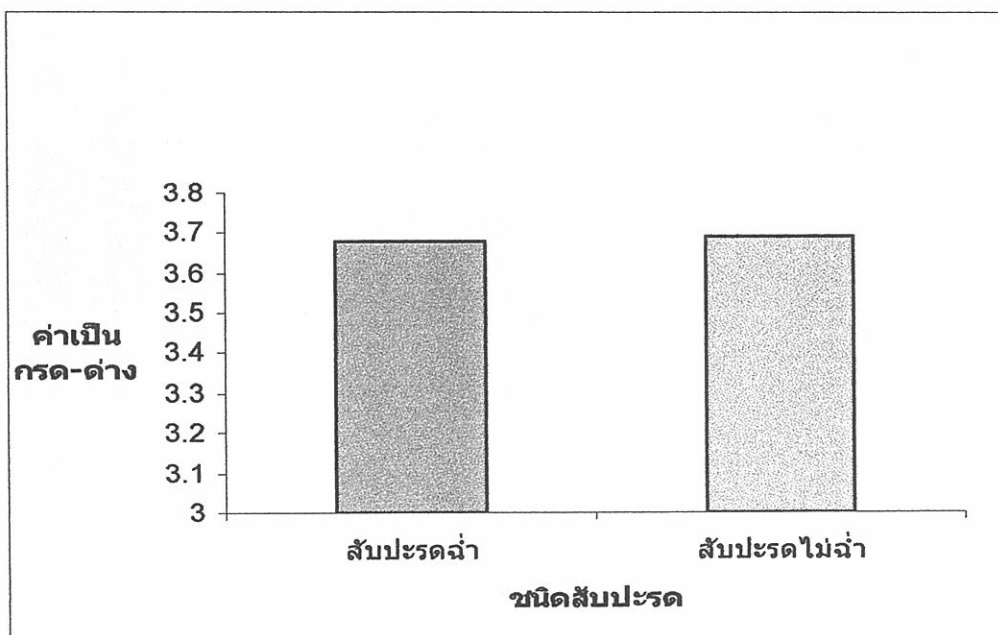
รูปที่ 26 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยใน (b) กับชนิดของสับปรด



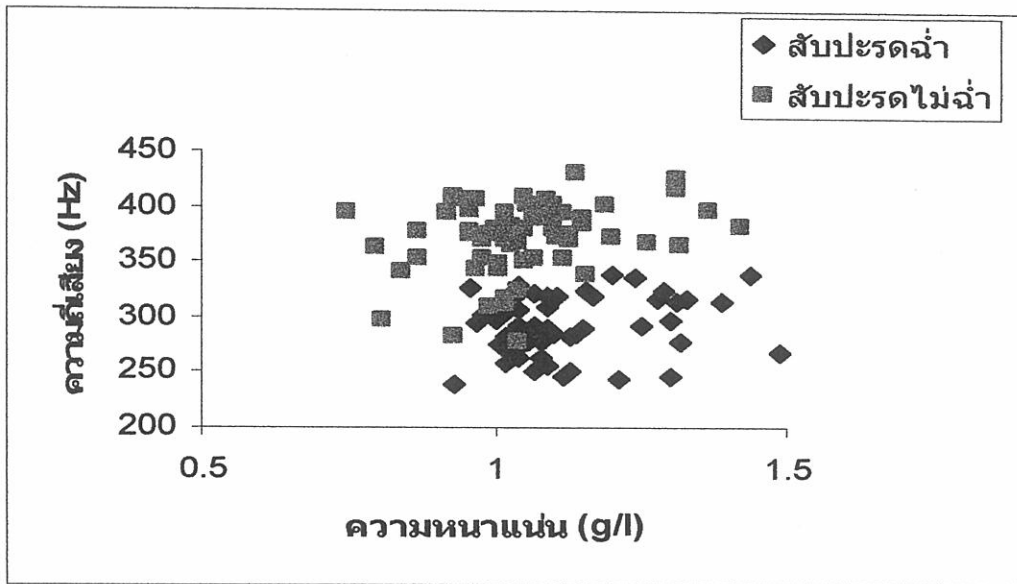
รูปที่ 27 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า (b) ของสี่เปลือกกับชนิดของสับปรด



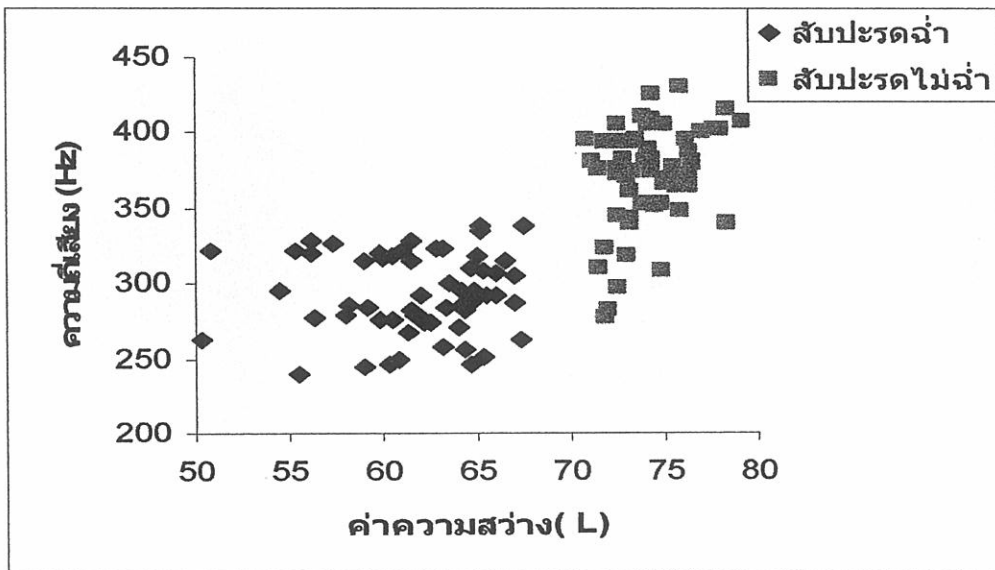
รูปที่ 28 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์บริษัทกับชนิดของสับปะรด



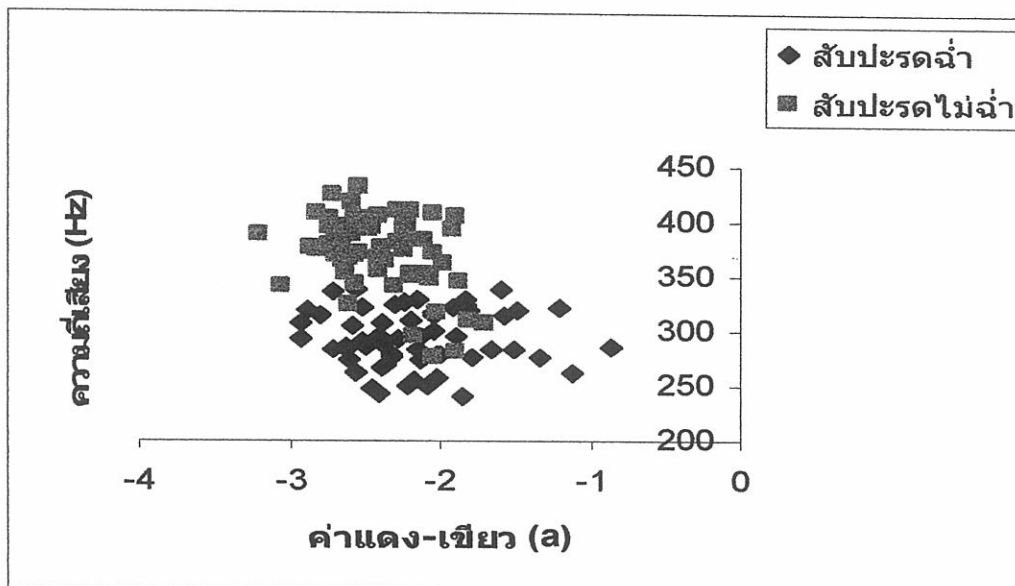
รูปที่ 29 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเป็นกรด - ต่างกับชนิดของสับปะรด



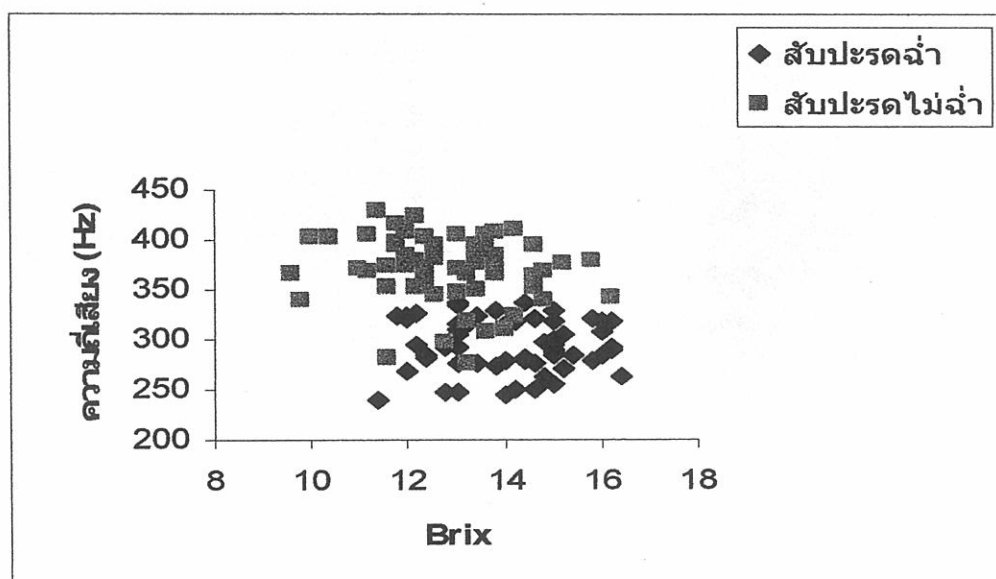
รูปที่ 30 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับความหนาแน่น ของสับปรดที่
น้ำ - ใส



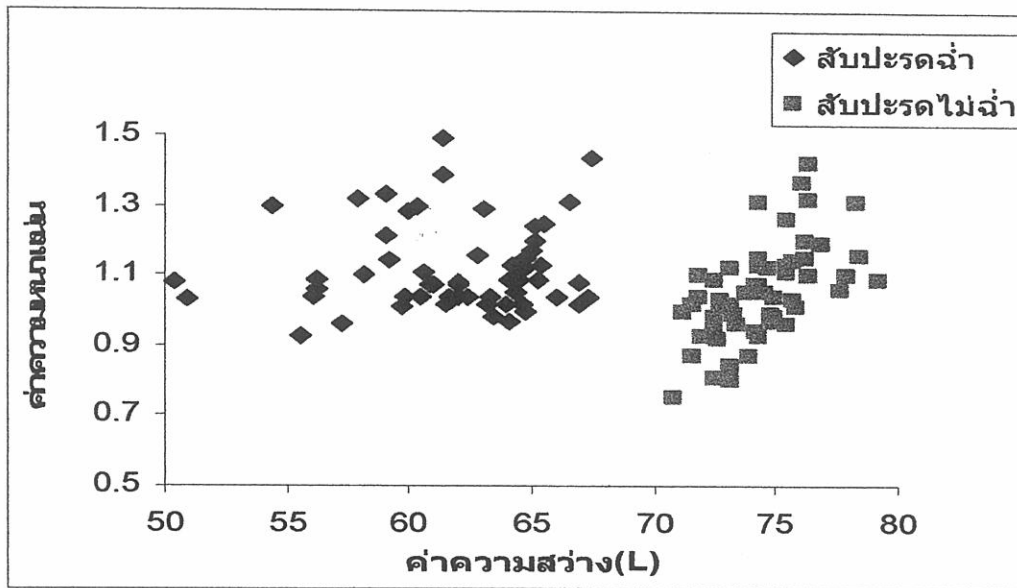
รูปที่ 31 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับค่าสีสว่าง (L) เนื้อในของ
สับปรดที่น้ำ - ใส



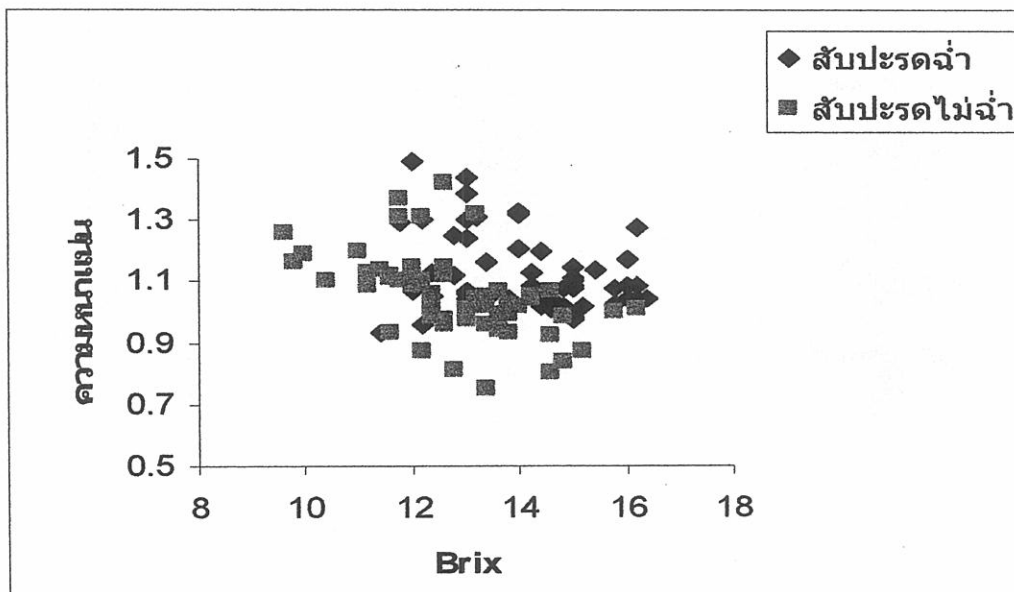
รูปที่ 32 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับค่าสีเขียว-แดง (a) เนื้อในของ สับปรอดที่ฉ่ำ - ไม่ฉ่ำ



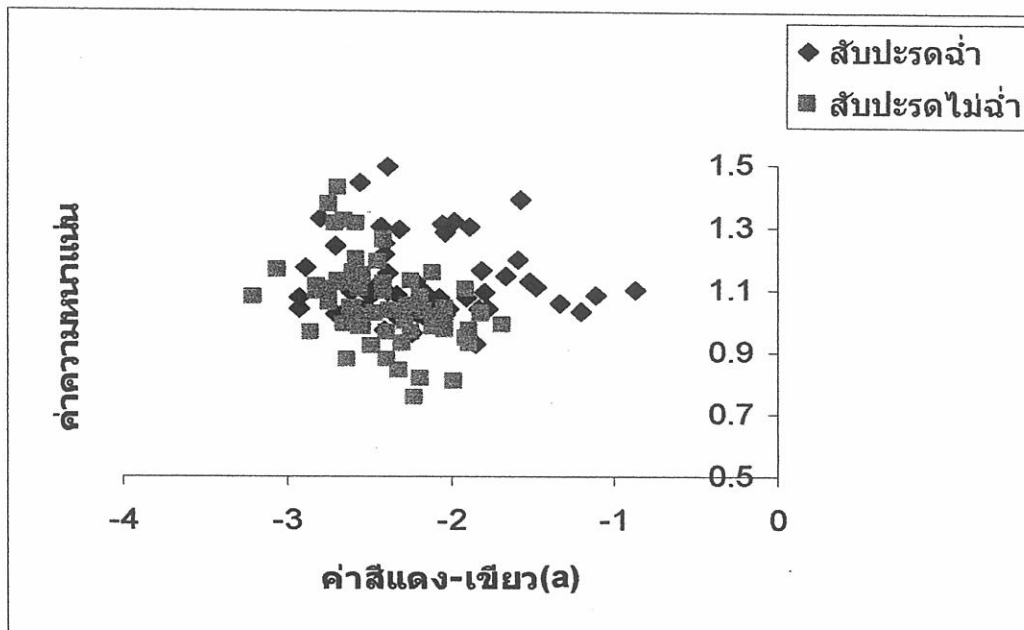
รูปที่ 33 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ของ สับปรอดที่ฉ่ำ - ไม่ฉ่ำ



รูปที่ 34 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าสีสว่าง (L) เนื้อใน ของ สับประดที่น้ำ - ไม้้ำ



กราฟที่ 35 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ของ สับประดที่น้ำ - ไม้้ำ



รูปที่ 36 ข. : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าสีเขียว-แดง (a) เนื้อในของ
สับปรดที่จ๋า - ไม่จ๋า

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 11 ค. คะแนนการวัดประสิทธิภาพของปัจจัยความถี่สัมพัทธ์

ลำดับที่	สัปดาห์แรก		สัปดาห์ไม่แรก	
	ทายถูก	ทายผิด	ทายถูก	ทายผิด
1	1	-	1	-
2	-	1	1	-
3	1	-	-	1
4	-	1	1	-
5	1	-	1	-
6	1	-	-	1
7	-	1	1	-
8	1	-	1	-
9	1	-	-	1
10	1	-	1	-
11	-	1	-	1
12	1	-	1	-
13	1	-	1	-
14	-	1	1	-
15	-	1	1	-
16	1	-	1	-
17	1	-	1	-
18	1	-	1	-
19	-	1	1	-
20	1	-	-	1
21	-	1	1	-
22	-	1	-	1
23	1	-	1	-
24	-	1	-	1
25	1	-	1	-
รวม	15	10	18	7

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง

ตารางที่ 12 ค. คะแนนการวัดประสิทธิภาพของปัจจัยความหนาแน่น

ลำดับที่	สับประรดน้ำ		สับประรดไม่ฉ่ำ	
	ตายถูก	ตายผิด	ตายถูก	ตายผิด
1	-	1	1	-
2	1	-	1	-
3	-	1	-	1
4	-	1	1	-
5	1	-	1	-
6	-	1	-	1
7	-	1	-	1
8	1	-	1	-
9	-	1	1	-
10	1	-	1	-
11	1	-	-	1
12	1	-	1	-
13	-	1	-	1
14	-	1	1	-
15	-	1	-	1
16	-	1	1	-
17	1	-	-	1
18	-	1	1	-
19	-	1	-	1
20	1	-	-	1
21	1	-	1	-
22	-	1	1	-
23	1	-	-	1
24	-	1	1	-
25	1	-	-	1
รวม	11		15	

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง

ตารางที่ 13 ค. คะแนนการวัดประสิทธิภาพของปัจจัยค่าสี่เนื้อภายใน (L)

ลำดับที่	สับประรดน้ำ		สับประรดไม่น้ำ	
	ทายนูก	ทายนิด	ทายนูก	ทายนิด
1	1	-	1	-
2	1	-	1	-
3	1	-	1	-
4	-	1	-	1
5	1	-	1	-
6	1	-	1	-
7	-	1	1	-
8	1	-	1	-
9	1	-	1	-
10	1	-	1	-
11	1	-	-	1
12	1	-	1	-
13	1	-	1	-
14	1	-	1	-
15	-	1	1	-
16	1	-	1	-
17	1	-	1	-
18	1	-	1	-
19	-	1	1	-
20	1	-	-	1
21	1	-	1	-
22	1	-	1	-
23	1	-	1	-
24	1	-	1	-
25	-	1	1	-
รวม	20	4	22	3

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง

ตารางที่ 14 ค. คะแนนการวัดประสิทธิภาพของปัจจัยค่าสี่เนื้อแดง - เจียว (a) ของสับปรด

ลำดับที่	สับปรดน้ำ		สับปรดไม่น้ำ	
	ทายนูก	ทายนิด	ทายนูก	ทายนิด
1	-	1	-	1
2	1	-	-	1
3	-	1	-	1
4	1	-	-	1
5	-	1	-	1
6	1	-	1	-
7	-	1	-	1
8	1	-	-	1
9	-	1	-	1
10	1	-	-	1
11	-	1	1	-
12	-	1	-	1
13	-	1	-	1
14	1	-	-	1
15	-	1	-	1
16	-	1	1	-
17	-	1	1	-
18	-	1	1	-
19	-	1	-	1
20	1	-	1	-
21	-	1	1	-
22	1	-	1	-
23	1	-	1	-
24	-	1	1	-
25	-	1	1	-
รวม	9	16	11	14

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง

ตารางที่ 15 ค. คะแนนการวัดประสิทธิภาพของปัจจัยค่าเปอร์เซ็นต์บริษัท

ลำดับที่	สับปรดน้ำ		สับปรดไม่น้ำ	
	ท่ายถูก	ท่ายผิด	ท่ายถูก	ท่ายผิด
1	-	1	-	1
2	-	1	-	1
3	-	1	-	1
4	1	-	-	1
5	-	1	1	-
6	1	-	1	-
7	-	1	1	-
8	-	1	-	1
9	-	1	-	1
10	1	-	-	1
11	-	1	1	-
12	1	-	-	1
13	-	1	1	-
14	-	1	-	1
15	1	-	1	-
16	-	1	-	1
17	-	1	-	1
18	1	-	-	1
19	-	1	-	1
20	-	1	1	-
21	1	-	1	-
22	-	1	-	1
23	-	1	-	1
24	1	-	-	1
25	1	-	1	-
รวม	9	16	9	16

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง

ภาคผนวก ง.

การคำนวณจุดแบ่งสับประคระหว่างน้ำและไม่น้ำโดยใช้การกระจายความถี่ฮิสโตแกรมของความถี่สั่นพ้อง

1. หาค่าเฉลี่ย (X_{bar}) ของความถี่สั่นพ้องทั้งหมด 120 ลูก

จากสูตร
$$X_{\text{bar}} = \sum X / N$$

X = ค่าความถี่สั่นพ้อง

N = จำนวนของผลสับประคทั้งหมด

จากการทดลอง(ภาคผนวก ก ตารางที่ 9)

$$\text{ค่าเฉลี่ยสับประคน้ำ} = 292.8 \text{ Hz}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของสับประคไม่น้ำ} = 371.9 \text{ Hz}$$

2.คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากสูตร
$$SD = [(X - X_{\text{bar}})^2 / N]^{1/2}$$

จากการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ 9)

$$\text{คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล} = 37.40$$

3. นำ X_{bar} ความถี่เสียงของสับประคน้ำ + SD

X_{bar} ความถี่เสียงของสับประคไม่น้ำ - SD

พบว่าเมื่อใช้ค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.15 SD ให้ค่าที่ใกล้กันมากที่สุดคือ 332.0

$$292.8 + (1.05 * 37.4) = 332.0$$

$$371.9 - (1.05 * 37.4) = 332.0$$

ดังนั้นจุดแบ่งของค่าความถี่เสียงอยู่ที่ 332.0 Hz

สำหรับการคำนวณหาจุดแบ่งของคัทอื่น ๆ มีวิธีการทำเช่นเดียวกับจุดแบ่งความถี่เสียง