



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การคัดคุณภาพสับปะรดด้วยเครื่องเคาะความถี่เสียงด้วยแรงโน้มถ่วง
(Quality Selection of pine apple using gravitational knocking device)

จัดทำโดย

นาย ภูวนารถ วอนเพียร รหัสนักศึกษา 47040919

นาย บัณฑิต กองอินทร์ รหัสนักศึกษา 47041116

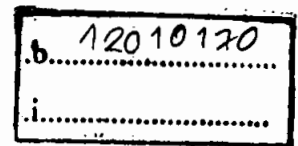
ร.พ.
๓๖๘๘๗
๒๕๕๐

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 85402

วัน,เดือน,ปี 11 พ.ศ. 2551

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก



(Handwritten signature)

(ดร.กฤษกร รุ่ง ปกรจ)

..... 21 / ส.ค. / 2551

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การคัดคุณภาพสับปะรดด้วยเครื่องเคาะความถี่เสียงด้วยแรงโน้มถ่วง
(Quality Selection of pineapple using gravitational knocking device)

จัดทำโดย

นายภูวนารถ วอนเพียร รหัสนักศึกษา 46040919

นายบัณฑิต กองอินทร์ รหัสนักศึกษา 46041116

สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายภูวนารถ วอนเพียร, นายบัณฑิต กองอินทร์, 2550

การคัดคุณภาพสับประรดด้วยเครื่องเคาะความถี่เสียงด้วยแรงโน้มถ่วง(Quality Selection of pineapple using gravitational knocking device) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะ

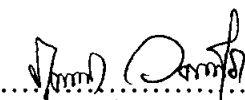
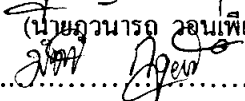
อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

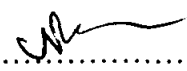
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคาะสับประรดด้วยแรงโน้มถ่วงและโปรแกรมที่จัดทำขึ้น โดยใช้คุณสมบัติความถี่สั่นพ้องในการคัดแยกคุณภาพสับประรด โดยใช้ความถี่สั่นพ้อง เทียบกับ ความหนาแน่น การวัดสีเนื้อใน การวัดสีเปลือก ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าเปอร์เซ็นต์บrix โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางกายภาพต่าง ๆ ของสับประรดที่มีคุณภาพต่ำกับไม่ต่ำ จำนวน 120 ตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีทางกายภาพระหว่างความถี่เสียงและความหนาแน่น กับดัชนีคุณภาพภายในที่ทำลายสับประรด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L), ค่าสีแดง - เขียว (a), และเปอร์เซ็นต์บrix พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับดัชนีคุณภาพภายในสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความหนาแน่น แสดงว่าค่าความถี่เสียงเป็นดัชนี ที่แสดงคุณภาพภายในของสับประรดได้ดีกว่าความหนาแน่น

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดแยกสับประรดต่ำและไม่ต่ำ โดยใช้ตัวอย่างสับประรด 50 ตัวอย่าง และใช้วิธีการแจกแจงความถี่ด้วยฮิสโตแกรมพบว่า การคัดแยกสับประรดโดยใช้ดัชนีที่ไม่ทำลายผลสับประรดคือ ความถี่สั่นพ้อง ให้ประสิทธิภาพในการคัดแยก 80 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการใช้ค่าความหนาแน่นซึ่งมีค่าเท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้ความถี่สั่นพ้อง ให้ประสิทธิภาพดีกว่าความหนาแน่น ส่วนดัชนีที่ทำลายสับประรดอีกสามประการคือ ค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน ค่าสีเขียว-แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บrix ได้ประสิทธิภาพในการแยก 88 12 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน มีประสิทธิภาพในการคัดแยกสูง แต่เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องทำลายสับประรดทำให้ไม่สามารถนำมาใช้คัดแยกสับประรดในทางปฏิบัติได้ แต่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีคุณภาพอ้างอิงที่มีความสัมพันธ์กับความต่ำ-ไม่ต่ำได้ดี


.....
(นายภูวนารถ วอนเพียร)

.....
(นายบัณฑิต กองอินทร์)


.....
(ดร.กิตติชัย บรรจง)
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

21 มี.ค. 2551
.....
วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

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

นายภูวนารถ วอนเพียร
นายบัณฑิต กองอินทร์
19 มีนาคม 2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
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	3
2.4 มาตรฐานสับประรด โรงงาน	4
2.4.1 นิยาม	4
2.4.2 ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ	5
2.4.3 การแบ่งชั้นคุณภาพ	5
2.4.4 การบรรจุและขนส่ง	6
2.4.5 เอกสารประกอบการขาย	6
2.4.6 สารปนเปื้อน	6
2.4.7 สุขลักษณะ	6
2.4.8 เกณฑ์การชักตัวอย่างและการวิเคราะห์	6
2.5 ลักษณะสับประรดที่โรงงานต้องการ	6
2.5.1 ความสุกพอดี	7
2.5.2 สับประรดที่มีเนื้อภายในเน่าหรือช้ำ	7
2.5.3 สับประรดเนื้อแกน	7
2.5.4 สับประรดแตกเผา	7
2.5.5 สับประรดที่มีสารตกค้างและสิ่งแปลกปลอม	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.6 สับประรดเก็บเกี่ยวไว้นานแล้ว	7
2.5.7 สับประรดลูกเล็ก	8
2.5.8 สับประรดที่มีรอยสัตว์ต่าง ๆ	8
2.6 คุณภาพสับประรดต่อการผลิตสับประรดกระป๋อง	8
2.7 คุณสมบัติทางกายภาพ	8
2.7.1 เสี่ยงกำทอนหรือความถี่สั่นพ้องของเสียง	8
2.7.2 คุณสมบัติด้านสี	14
2.7.3 ความหนาแน่น	15
2.7.4 เปอร์เซนต์บริกซ์ (% Brix)	16
2.7.5 ความเป็นกรด - เบส (pH)	16
บทที่ 3	18
3.1 อุปกรณ์	18
3.2 ขั้นตอนและวิธีการ	19
บทที่ 4	22
4.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของดัชนีที่ใช้ในการตัดแยกสับประรด	22
4.2 การหาประสิทธิภาพของความถี่เสียงกับดัชนีที่ทำลายสับประรด	23
บทที่ 5	28
สรุปผลการทดลอง	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	30
ภาคผนวก ก.	30
ภาคผนวก ข.	36
ภาคผนวก ค.	42

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 : ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ (Correlations) ของดัชนีที่ใช้ในการแยกสับประรด ระหว่างปัจจัยที่ไม่ทำลายผลสับประรดกับปัจจัยที่ทำลายผลสับประรด	22
3.2 : ตารางแสดงประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรดของปัจจัยต่าง ๆ	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 : ภาพแสดงความจำ, ไม่จำของสับประรด	5
2.2 : ลักษณะการสันสะท้อนแบบอิสระ	9
2.3 : การสันแบบบังคับ	10
2.4 : ลักษณะการสันแบบอิสระอย่างมีความหน่วง	11
2.5 : เครื่องเคาะสับประรดรุ่นเก่า	12
2.6 : เครื่องเคาะสับประรดรุ่นใหม่	12
2.7 : หน้าจอที่แสดงโปรแกรมของ LabView	13
2.8 : Block Diagram ของโปรแกรม LabView	14
2.9 : ผลการตอบสนองของสี	14
2.10 : เครื่องวัดสี Chromameter	15
2.11 : เครื่อง Refractometer	16
2.12 : เครื่อง pHmeter	17
3.13 : วิธีผ่าสับประรดที่ใช้ในการทดลอง	21
3.14 : ขณะทำการทดลอง	21
3.15 : รูปเครื่องเคาะสับประรดและคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง โปรแกรม LabView ในการทดลอง	21
3.16 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความถี่เสียง	24
3.17 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความหนาแน่น	25
3.18 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าความสว่างของเนื้อใน (L)	25
3.19 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าสีแดง - เขียว (a)	26
3.20 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

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

ในปัจจุบันการคัดแยกสับปะรดก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานแปรรูปสับปะรดในรูปแบบต่างๆ มักจะใช้การทดสอบแบบไม่ทำลายโดยการใช้ไม้หรือวัสดุอื่นเคาะเพื่อฟังเสียงสะท้อนของสับปะรด โดยเสียงสะท้อนนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสุกแก่และความสมบูรณ์ของเนื้อภายในของสับปะรด ในการเคาะนั้นมักจะคณงานที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการคัดแยก ซึ่งการแบ่งระดับคุณภาพในการคัดแยกนั้นมักจะมีเพียงสองระดับคือคุณภาพดีเหมาะแก่การแปรรูปและคุณภาพต่ำซึ่งรวมถึงสับปะรดที่ดิบเกินไปหรือสุกเกินไป , แดกเผา , เนื้อแกรน , ซ้ำ , และเน่า เป็นต้น ความถูกต้องแม่นยำในการคัดแยกด้วยวิธีเคาะผลนี้จึงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้คัดแยกเป็นหลัก ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้มาจากการที่ผู้คัดแยกมีความชำนาญน้อยหรือจากความเมื่อยล้าของผู้คัดแยกเอง ดังนั้นการวัดสมบัติทางกายภาพเช่นคุณสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) สมบัติเชิงสี และความหนาแน่น (Density) ของสับปะรด อาจจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการคัดแยกสับปะรดได้แม่นยำกว่าการใช้แรงงานคน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในจำนวนนี้วัดคลื่นเสียงสะท้อนเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดไม่ยุ่งยากและมีราคาค่อนข้างถูกกว่าวิธีอื่นๆ โดยทั่วไปการวัดคลื่นเสียงสะท้อนนี้จะทำโดยการทำให้ผลไม้สั่นด้วยการเคาะแล้วเสียงสะท้อนหรือความถี่สั่นพ้อง (resonant frequency) ที่เกิดขึ้นจะถูกวัดด้วยไมโครโฟนซึ่งติดตั้งอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกับจุดที่เคาะ เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (acoustic tester) ของผักและผลไม้ ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศแต่เครื่องที่ผลิตใจต่างประเทศมักมีราคาแพงกว่าการจ้างแรงงานคนจึงยังไม่เป็นที่นิยมนักสำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องวัดความสุกแก่ของผลไม้ไทยเช่น 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) แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเสียงสะท้อนและสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น สมบัติเชิงเนื้อสัมผัส (texture) ที่อาจมีความสัมพันธ์กับระดับความสุกแก่หรือคุณภาพเนื้อภายในของสับปะรดด้วยเช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาใช้ลักษณะทางกาย(ความถี่เสียงสั่นพ้อง) ของสับปะรดในการคัดแยกสับปะรดที่มีความฉ่ำและไม่ฉ่ำ และพัฒนาเครื่องเคาะสับปะรดรุ่นเดิมให้มีความสะดวกในการใช้ รวมไปถึงโปรแกรมที่ใช้ควบคู่กับเครื่องนี้(LabView) โดยให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง โดยเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ของดัชนีอื่นๆ เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยอาศัยดัชนีต่างๆ คือ

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

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสับปะรด

2.1.1 ประวัติของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบลาตินอเมริกา ซึ่งอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ เขตระหว่างเส้นละติจูด 15-30 องศาใต้และลองจิจูด 40-50 องศาตะวันตก คือ แถบประเทศบราซิล อาเจนตินา และประเทศปารากวัย สับปะรดได้ถูกนำเข้ามาในเมืองไทยเมื่อสมัยกรุงศรีอยุธยาโดยชาวโปรตุเกส (จิราพรธม, พิมพ์ครั้งที่ 1)

2.2 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีอายุหลายปี อยู่ในวงศ์โบรมิเลียซี (Bromeliaceae) สกุลอานานาส (Ananas comosus L. Merr.) เป็นพืชที่ทนแล้งมากชนิดหนึ่ง เพราะมีคุณสมบัติพิเศษในการรักษาน้ำให้อยู่ในลำต้น และใบได้ดี คือปากใบจะอยู่ใต้ใบ และปากใบจะเปิดในตอนกลางคืน เพื่อรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเก็บสะสมไว้ในรูปกราฟ เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน การเปิดของปากใบในตอนกลางคืนจะทำให้การระเหยของน้ำออกจากใบน้อย เมื่อเทียบกับพืชอื่นๆ ซึ่งต้นสับปะรดประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญ คือ ลำต้น ใบ ดอก ผล ก้านผล จุก ตะเขียง หน่อ และราก

โดยผลของสับปะรดมีรูปทรงคล้ายกระบอง ตอนล่างของผลจะมีหน่อเล็กๆ เรียกว่าตะเกียง (Slip) บริเวณตอนบนของผลอาจจะมีจุกซึ่งประกอบไปด้วยใบสั้น ๆ อัดกันนานอาจมีหน่อเล็กๆ ออกมาทางด้านข้างเรียกหน่อนี้ว่า จุกตะเกียง (Crown Slip) ตะเกียงและจุกตะเกียงในสับปะรดบางพันธุ์อาจไม่มี ในระหว่างที่ผลแก่ แฉกที่เก็บไว้ในแกนจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงจะขยายออกไปทางด้านข้างทำให้สับปะรดมีรสชาติที่หวานขึ้น ผลสับปะรดจะเป็นผลรวมที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อยประมาณ 100-200 ผล โดยอัดกันแน่นประสานเป็นเนื้อเดียวกัน ผลของสับปะรดโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2.2 กิโลกรัม

2.3 พันธุ์สับปะรด

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้คือ

2.3.1. พันธุ์ปีศาจเวีย

2.3.2. พันธุ์อินทรีชิต

2.3.3. พันธุ์ขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4. พันธุ์กุเกิดหรือสวี่

2.3.5. พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง

ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึง รายละเอียดของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียนี้มาทำการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne) เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันแพร่หลายที่สุด เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค และโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง เพราะรสชาติที่หวานฉ่ำมากกว่าพันธุ์อื่น มีชื่อเรียกหลายอย่างเช่น สับปะรดศรีราชา พันธุ์ดำดำ ตาแดง กัลกัตตาหรือสับปะรดปรานบุรี สับปะรดพันธุ์นี้มีใบเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นเงามันขอบใบเรียบกว่าทุกพันธุ์อาจมีหนามที่ปลายใบ ช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2-6 กิโลกรัม ก้านผลสั้น เปลือกผลเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม เหลืองอมเขียวหรือยังคงเขียวเข้ม (mature green) ตาค่อนข้างสั้น แขนใหญ่ มีเนื้อละเอียด สีเหลืองรสหวานฉ่ำ ผลที่มีขนาดใหญ่จะเป็นรูปทรงโคนใหญ่ ปลายเรียว แต่ผลขนาดเล็กและขนาดกลางส่วนใหญ่จะเป็นทรงระบอก

2.4 มาตรฐานสับปะรดโรงงาน

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 29 มีนาคม 2543 กำหนดมาตรฐานสับปะรดโรงงานของประเทศไทยมีรายละเอียดดังนี้ (Tipco, 2547)

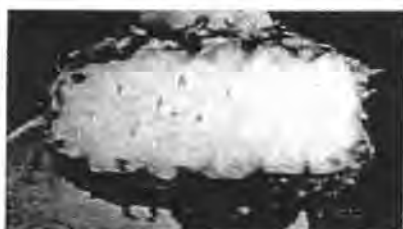
2.4.1 นิยาม (Definition)

สับปะรดโรงงานซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ” สับปะรด ” ในมาตรฐานนี้หมายถึง ผลไม้ที่มีชื่อทางการค้าและมีชื่อสามัญว่า ” สับปะรด ” (Pineapple) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae เพื่อให้สำหรับการแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง ส่วนความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้มีดังต่อไปนี้

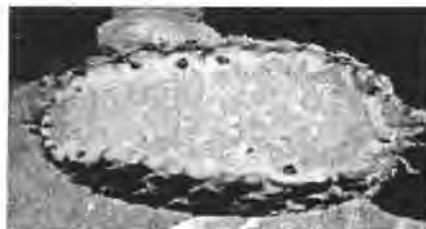
- สุก หมายถึง สับปะรดแก่ เนื้อมีสีเหลือง
- คีบ หมายถึง สับปะรดอ่อน เป็นโพรงสีขาว
- เสียบ หมายถึง สับปะรดเนา สุกเกินไป มีกลิ่นโอ้ หรือมีกลิ่นบูด เหม็น
- ฉ่ำ หมายถึง สับปะรดที่มีปริมาณน้ำในผลมาก เนื้อมีลักษณะสีเข้ม
- ไม่ฉ่ำ หมายถึง สับปะรดที่มีลักษณะเนื้อแข็ง มีปริมาณน้ำในผลน้อย มีสีซีดจาง
- ช้ำ หมายถึง สับปะรดที่มีรอยช้ำ เมื่อใช้มือกดจะยุบลง
- แดคเผา หมายถึง สับปะรดที่มีรอยไหม้ที่เปลือก เมื่อปาดดูจะเห็นเนื้อสีซีดเป็นโพรง
- ผลแกน หมายถึง เนื้อสับปะรดแข็งกระด้าง มีสีขาวหรือน้ำตาลถึงดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ฉ่ำ



ฉ่ำ



รูปที่ 1 : ภาพแสดงความฉ่ำ , ไม่ฉ่ำ , ของสับปะรด

ที่มา : (จุฬารัตน์, 2549)

2.4.2. ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ (Provision Concerning Quality)

2.4.2.1. คุณภาพขั้นต่ำ ทุกชั้นคุณภาพตามมาตรฐานนี้ สับปะรดจะต้องมีคุณภาพ

ดังต่อไปนี้

- เป็นสับปะรดสดทั้งผล ไม่มีจุกและก้านผล
- เป็นสับปะรดสดที่สุกได้ที่
- มีลักษณะคุณภาพที่ดี ปราศจากผลแกน ไม่ช้ำ ไม่มีตำหนิต่างๆ และไม่เน่าเสีย
- สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอมและปนเปื้อน เช่น ทราย หรือน้ำมัน
- ไม่มีกลิ่นหรือรสที่ผิดปกติ
- ไม่มีการแกะจุกหรือเจาะจุก
- ปลอดภัยจากศัตรูพืชและความเสียหายอันเนื่องมาจากศัตรูพืช รวมทั้งบาดแผลที่

เกิดจากรอยมีคม หรือของมีคมโดยการตรวจสอบด้วยสายตา

สับปะรดต้องผ่านการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง ตามกระบวนการเก็บเกี่ยว และการดูแลภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

2.4.3 การแบ่งชั้นคุณภาพ (Classification) แบ่งเป็น 2 ชั้นคุณภาพดังนี้

2.4.3.1. ชั้นหนึ่ง (Class I)

2.4.3.2. ชั้นสอง (Class II)

- สภาพความสมบูรณ์ภายนอก ในทุกชั้นคุณภาพ สับปะรดต้องมีคุณภาพดี ตรงตามพันธุ์ ปลอดภัยจากศัตรูพืช ผลปลอดภัยจากตำหนิต่างๆหรือมีตำหนิตัวได้เล็กน้อย โดยไม่มีผลต่อรูปลักษณะคุณภาพ และคุณภาพการเก็บรักษา และมีขนาดตามข้อกำหนดเฉพาะเรื่องขนาด

- สภาพความสมบูรณ์ภายใน ในทุกชั้นคุณภาพ เนื้อสับปะรดต้องมีลักษณะปกติและมีความสุกไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 หรือสุกไม่มากเกินไป (เนื้อมีสีเหลืองใส มีกลิ่นโอ) และมีไนเตรทในเนื้อสับปะรดไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การบรรจุและขนส่ง (Packing and Transportation)

ต้องจัดเรียงสับปะรดในพาหนะขนส่งให้เป็นระเบียบและแน่น เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการกระแทกอันจะมีผลต่อคุณภาพสับปะรด พาหนะขนส่งต้องสะอาด ปราศจากกลิ่น แปลกปลอม และต้องควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนที่มีผลต่อคุณภาพสับปะรด ระหว่างการขนส่ง

2.4.5 เอกสารประกอบการขาย (Sale Document)

2.5.7.1. ข้อมูลผู้ขาย (Identification) ต้องระบุชื่อที่อยู่ของผู้ขาย

2.5.7.2. ข้อมูลแหล่งผลิต (Origin of Produce) ต้องระบุจังหวัดแหล่งที่ปลูกในประเทศไทย

2.4.6 สารปนเปื้อน (Contaminants)

ห้ามใช้สารเคมีที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ไม่อนุญาตและห้ามใช้สารเร่งให้สับปะรดสุกโดยไม่ได้รับคำแนะนำจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นอันขาด

2.4.7 สุขลักษณะ (Hygiene)

ผลิตผลในมาตรฐานนี้ให้ดำเนินการไปตามหลักการทั่วไปของการปฏิบัติที่ถูกต้องทางการเกษตร (Good Agricultural Practice :GMP)

2.4.8 เกณฑ์การชักตัวอย่างและการวิเคราะห์ (Sampling and Analysis Procedures)

2.4.8.1 เกณฑ์การชักตัวอย่าง

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

2.4.8.2 เกณฑ์การวิเคราะห์

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

2.5. ลักษณะสับปะรดที่โรงงานต้องการ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1. ความสุกพอดี

2.5.1.1 ทางโรงงานจะรับซื้อสับประรด ที่มีความสดปานกลาง ไม่สุกจัด อย่าง สับประรดสำหรับบริโภคสด และไม่สุกมากจนมีกลิ่นสาบเล้า โดยสังเกตได้จากสีเปลือกที่มีตาสุก ประมาณ 2-6 ตา

2.5.1.2 สับประรดที่เปลือกสีเขียวทั้งลูก ถ้าเนื้อภายในสุกเหลืองมากกว่าครึ่งลูก โรงงานจะรับซื้อ ถือเป็นสับประรดสุก

2.5.2 สับประรดที่มีเนื้อภายในเน่าหรือขำ

2.5.2.1. สับประรดขำ เนื่องจากถูกกด กระแทก โชน ที่มีรอยขำมากกว่า 25% ของลูก โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.5.2.2 สับประรดเน่า หมายถึง สับประรดที่มีกลิ่นเสียทุกชนิด ซึ่งอาจจะเป็นกลิ่นบูด เปี้ยว กลิ่นเน่า กลิ่นหญาเสีย รวมทั้งสับประรดใส่เน่า สับประรดเหล่านี้โรงงานจะคัดแยกออก และไม่รับซื้อ

2.5.3. สับประรดเนื้อแกน

สับประรดที่มีเนื้อในเป็นแกนค้ำมากกว่า 50 % ของผล โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.5.4. สับประรดแตกเผา

2.5.4.1 สับประรดแตกเผาชนิดไม่รุนแรง คือ สับประรดที่โดนแตกเผาทำให้เนื้อใน เป็นสีน้ำตาลอ่อนถึงดำ แต่สับประรดยังไม่มีการคั่ว การตัดและตรวจจะถือเป็นสับประรดแกนค้ำ ซึ่งโรงงานอาจจะซื้อในราคาต่ำกว่าปกติ

2.5.4.2 สับประรดแตกเผาชนิดรุนแรง คือ สับประรดที่โดนแตกเผาจนกระทั่งเนื้อใน เป็นสีดำ และมีกลิ่นเน่าเสีย จะถือเป็นสับประรดเน่า โรงงานจะไม่ซื้อ

2.5.5. สับประรดที่มีสารตกค้างและสิ่งแปลกปลอม

2.5.5.1 น้ำมันหรือสารเคมี ทางฝ่ายโรงงานจะไม่รับซื้อ เช่น กลิ่นน้ำมัน คราบ น้ำมันหรือสารเคมีติดค้างอยู่บนสับประรด

2.5.5.2. สับประรดที่มีสารไนเตรทสูง

2.5.5.2.1. สับประรดที่มีสารไนเตรทเกิน 25 ส่วนในล้านส่วน ถือว่าเป็น สับประรดคิ

2.5.5.2.2. สับประรดที่มีสารไนเตรทมากกว่า 25 ส่วนในล้านส่วน โรงงานจะไม่ซื้อ

2.5.5.3 สิ่งแปลกปลอมอื่นๆ เช่น เศษไม้ ตะปู เป็นต้น หากพบว่ามีติดอยู่ที่ลูก สับประรด โรงงานจะไม่รับซื้อ รวมทั้งเนื้อสับประรดที่มีสีไม่ปกติ เช่น สีเขียว สีดำ ด้วย

2.5.6 สับประรดเก็บเกี่ยวไว้นานแล้ว

2.6.6.1 สับประรดมีราขึ้นที่ขั้ว ถ้ามีราที่ขั้วมากกว่า 30 % โรงงานจะไม่รับซื้อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวันเวส สำหรับการแข่งในเพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นใบเขียวระดับขั้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6.2 สับปรดที่ตักค้างหรือแช่น้ำ มีกลิ่นอับ โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.5.7 สับปรดลูกเล็ก

คือ สับปรดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5-10 เซนติเมตร ซึ่งโรงงานจะรับซื้อในราคาต่ำ ส่วนสับปรดที่มีขนาดเล็กกว่า 7.5 เซนติเมตร โรงงานจะไม่ซื้อ

2.5.8 สับปรดที่มีรอยสัตว์ต่าง ๆ

ซึ่งจะมาจากการกัดแทะ เช่น หนู และอื่นๆ โรงงานจะไม่รับซื้อ

2.6 คุณภาพสับปรดต่อการผลิตสับปรดกระป๋อง

ในอุตสาหกรรมการแปรรูปทุคนิคจะต้องมีขั้นตอนของการตรวจสอบและคัดเลือกคุณภาพของวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้าขบวนการผลิตเสมอ การตรวจสอบนี้ก็เพื่อความแน่ใจว่าวัตถุดิบตรงตามความต้องการ ซึ่งหลายท่านคงเคยได้ยินคำกล่าวที่ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ดีย่อมมาจากวัตถุดิบที่ดี ในแง่ของผู้ผลิตแล้วคงไม่มีผู้ใดที่จะผลิตของที่ดีและมีคุณภาพจากวัตถุดิบที่ไม่ดีและด้อยคุณภาพได้

2.7 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางการภาพของสับปรดนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายอย่าง แต่ที่จะกล่าวถึงในครั้งนี้มีอยู่ 5 คุณสมบัติ คือ

2.7.1 เสียงก้ำทอนหรือความถี่สั่นพ้องของเสียง (resonant Frequency)

เสียงก้ำทอน หรือการสั่นพ้องเสียง การเกิดก้ำทอน เป็นลักษณะของเสียงหรือคลื่นอย่างหนึ่งที่เกิดจากการที่มีคลื่นความถี่ใหม่เกิดขึ้นซ้อนเข้ามาในช่วงความถี่เสียงเดิมที่มีอยู่ และความถี่ใหม่นี้มีความถี่เท่ากับของเดิม จึงทำให้มีความเข้มเพิ่มขึ้นจากเดิม หรือแอมพลิจูดของการสั่นจะมีค่าสูงกว่าปกติ ทำให้ได้ยินเสียงดังกว่าเดิม ซึ่งในบางครั้งเสียงที่เกิดขึ้นใหม่นั้น อาจจะมีความถี่ต่ำกว่าระดับการได้ยิน แต่เมื่อรวมกับเสียงอื่นๆ ที่มีความถี่เดียวกันก็เกิดความเข้มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้วัตถุที่อยู่ใกล้มีการสั่นสะเทือนขึ้นทำให้เกิดเสียงดัง เช่น ความถี่เดียวกันก็เกิดความเข้มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้วัตถุที่อยู่ใกล้มีการสั่นสะเทือนขึ้นทำให้เกิดเสียงดัง เช่น ความถี่เสียงที่เกิดจากเครื่องจักรซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าที่จะได้ยิน แต่ความถี่ที่เกิดขึ้นนั้นทำให้สิ่งอื่นๆ ที่สัมผัสเกิดการสั่นสะเทือนขึ้นลักษณะที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าเกิดการก้ำทอน หรือการสั่นพ้องเสียง (กฤษณา, 2545)

ความถี่สั่นพ้องของผลไม้เป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่ง ที่สามารถใช้ระบุคุณภาพของผลไม้ได้ (กระวี, 2547) การตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่ใช้ความถี่สั่นพ้องเป็นตัวชี้วัดคุณภาพนี้มีประโยชน์ เนื่องจากสามารถตรวจสอบผลิตผลที่จะวางจำหน่ายทุกหน่วยได้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลนั้นๆ ทำให้สามารถประกันคุณภาพผลิตผลได้ การตรวจสอบคุณภาพโดยพ่อค้า/แม่ค้าแบบไม่ทำลายได้มีการปรึกษากันอยู่กับทุเรียน แดงโม สับปรด ผลไม้จะถูกเคาะและฟังเสียง ซึ่งเป็นการตรวจสอบระดับคุณภาพได้แก่ ความแก่และความสมบูรณ์ของเนื้อภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

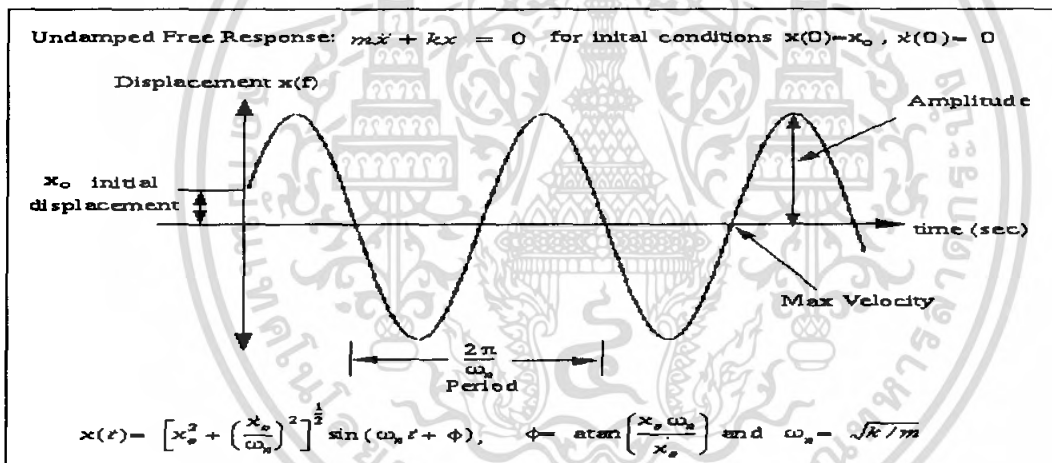
ผลไม้ ทำได้โดยอาศัยประสบการณ์ในการตัดแยก สิ่งเหล่านี้มีความไม่แน่นอนสูงและขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคลด้วย

การตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ด้วยความถี่สั่นพ้อง ทำได้โดยการนำเครื่องมือจากต่างประเทศที่สามารถแปลงสัญญาณเสียงเคาะจากรูปแบบ Time domain เป็น Frequency domain

2.7.1.1. การสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนทางกลนั้นสามารถจำแนกออกได้หลายแบบด้วยกัน แต่ในที่นี้จะทำการศึกษาการสั่นสะเทือนอยู่ 4 แบบ คือ (ธนุ, 2540)

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



รูปที่ 2 : ลักษณะการสั่นสะเทือนแบบอิสระ

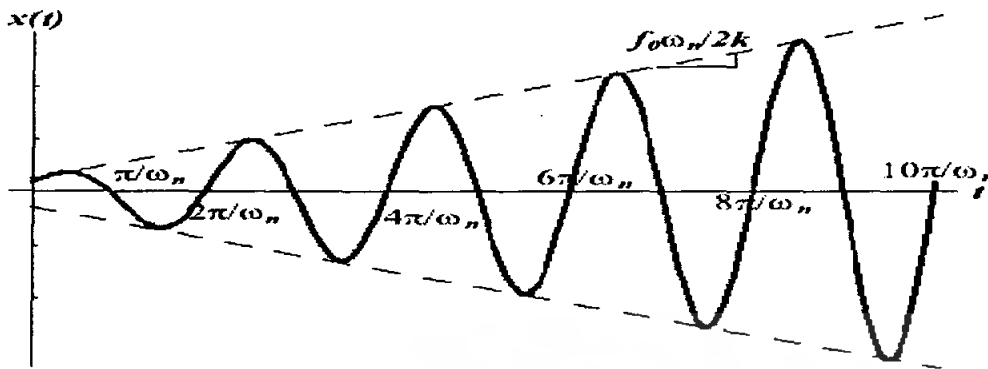
ที่มา : www.mfg.mtu.edu

2.7.1.1.2 การสั่นแบบบังคับ (Forced Vibration) คือการสั่นของระบบภายใต้แรงกระทำจากภายนอกซึ่งแรงกระทำจากภายนอกนี้อาจจะเป็นแรงในลักษณะซ้ำตัวเอง

หรือไม่ซ้ำตัวเองก็ได้ การสั่นในลักษณะนี้ก็คือ การสั่นเนื่องจากความไม่สมดุลของเครื่องจักรที่เกิดการหมุน สิ่งหนึ่งที่เราจะพบกับการสั่นแบบบังคับก็คือ หากว่าความถี่ของแรงที่กระทำกับระบบนั้นไปพ้องกับความถี่ธรรมชาติของระบบพอดี การสั่นที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีช่วงกว้างการสั่นที่สูงมาก เราเรียกการสั่นในลักษณะนี้ว่า “การสั่นพ้อง” (Rasonance) ซึ่งผลของการสั่นพ้องนี้มักจะทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่กำลังเกิดการสั่นอยู่ ดังนั้นในการออกแบบวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักจะหลีกเลี่ยงการเกิดการสั่นพ้องของระบบ ยกเว้นในระบบที่ต้องการให้เกิดการสั่นมากๆ เช่น ในลำโพงขนาดใหญ่ เป็นต้น



รูปที่ 3 : การสั่นแบบบังคับ

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

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

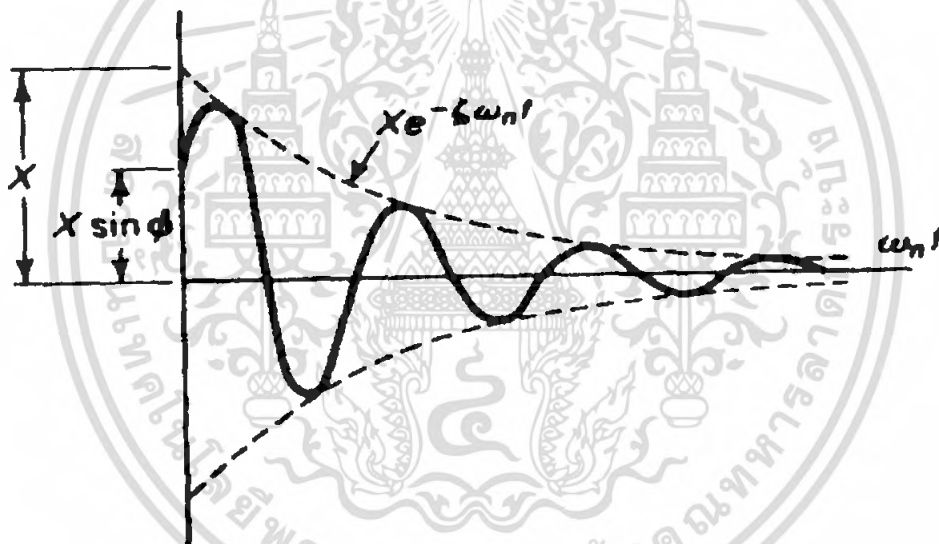
2.7.1.1.4. การสั่นแบบมีความหน่วง (Damped Vibration) คือการสั่นที่เกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างเกิดการเคลื่อนที่ของระบบ ไม่ว่าจะมาจากสาเหตุใดก็ตาม ซึ่งเป็นผลให้พลังงานรวมของระบบมีค่าน้อยลง โดยทั่วไปแล้วการสั่นตามภาพความเป็นจริงนั้นจะเป็นการสั่นแบบมีความหน่วงทั้งสิ้น

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

2.7.1.2.1 ตัวหน่วงเนื่องจากความหนืด (Viscous Damping) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านของไหลที่มีความหนืด จะเกิดแรงเสียดทานระหว่างของแข็งและของไหลขึ้น จึงทำให้วัตถุเกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างการเคลื่อนที่ขึ้น โดยแรงเสียดทานที่ว่านี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุนั้นด้วย เรานิยมเรียกอุปกรณ์นี้ว่า ตัวหน่วงเนื่องจากความหนืด (Viscous Damping) ซึ่งตัวหน่วงประเภทนี้จะเป็นตัวหน่วงแบบนี้จะพบเห็นบ่อยที่สุดในระบบการสั่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชิงกลอุปกรณ์ตัวหน่วงแบบนี้ที่เราพบเห็นกันอยู่เป็นประจำก็คือ โช้คอัพของรถ ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้น้ำมันหรือก๊าซเป็นของไหลก็ตาม

2.7.1.2.2 ตัวหน่วงการสั่นแบบแรงเสียดทานระหว่างของแข็ง (Coulomb Damping) ในการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนของแข็งด้วยกันนี้เราจะพบว่ามีความเสียดทานเกิดขึ้น ซึ่งแรงเสียดทานระหว่างของแข็งกับของแข็ง (Dry Friction) หรือเราเรียกอีกแบบหนึ่งว่า ตัวหน่วงแบบคูลอมบ์ (Coulomb Damping) ตัวหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทานประเภทนี้จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับความเร็วหรือการจลน์ของวัตถุ แต่จะขึ้นกับประเภทของวัตถุที่สัมผัสกันอยู่และแรงที่กระทำระหว่างวัตถุทั้งสอง สำหรับทิศทางของแรงต้านประเภทนี้จะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ



รูปที่ 4 : ลักษณะการสั่นแบบอิสระอย่างมีความหน่วง

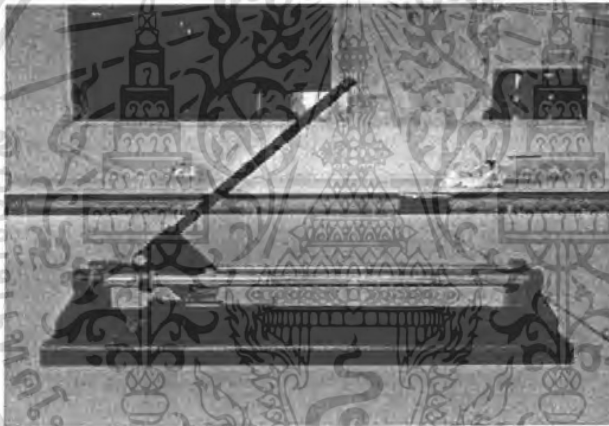
ที่มา : <http://www.mfg.mtu.edu/marc/primers/machtool/vibration/damped.html>

2.7.1.2.3 ตัวหน่วงการสั่นเนื่องจากความไม่ยืดหยุ่นของวัสดุ (Hysteretic Damping Structural Damping) เมื่อวัตถุใดๆ ก็ตามหากรับภาระกรรมอยู่ในช่วงยืดหยุ่น เมื่อนำภาระกรรมนั้นออก วัตถุจะกลับสู่สภาพเดิมและไม่เกิดพลังงานดกค้างขึ้นในเนื้อวัสดุ แต่ถ้าหากว่าการให้ภาระกรรมนั้นทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปเลยช่วงยืดหยุ่นไป เมื่อนำภาระกรรมออกวัตถุจะไม่คืนรูปสู่สภาพเดิม และจะมีพลังงานในการเปลี่ยนรูปดกค้างอยู่ในวัตถุ ดังนั้นเราอาจกล่าวได้ว่าในการให้ภาระกรรมในลักษณะนี้จะเกิดการสูญเสียพลังงานขึ้น สำหรับวัตถุที่เป็นวัสดุเหนียวเมื่อมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

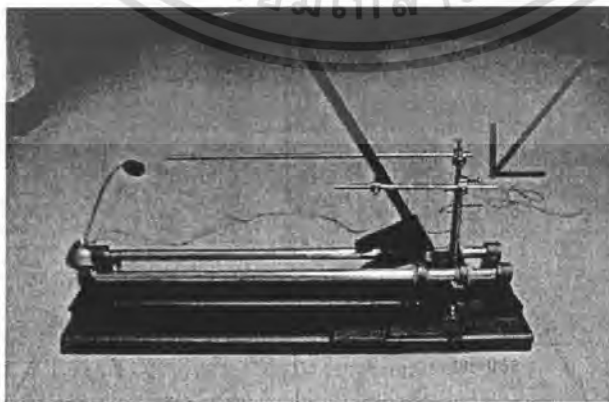
การให้ภาระกรรมเลขช่วงขีดหุ่นเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในช่วงการให้ภาระกรรมและการลดภาระกรรมจะไม่เป็นเส้นทางเดียวกัน

2.7.1.2 ความสามารถในการวิเคราะห์ของเครื่อง

- เครื่องเคาะความถี่เสียงด้วยแรงโน้มถ่วง ตัวเครื่องเคาะสับประตุนี้ได้ทำการพัฒนามาจากเครื่องเคาะรุ่นเดิมของคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษ เรื่อง การใช้คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อคัดแยกสับประต (นายอรรถพร ชูรัตน์และคณะ , 2549) ให้มีประสิทธิภาพและสะดวกในการใช้มากขึ้น เนื่องจากในการทดลองต้องมีการวัดระยะในการเคาะ ซึ่งเครื่องเดิมจะต้องมีการวัดระยะทุกครั้งที่ทำ การเคาะสับประตแต่ละลูก จึงทำให้การทดลองเป็นไปได้ล่าช้า และทุกครั้งที่ทำการเคาะนั้นอาจเกิดการเมื่อยล้า จะทำให้ระยะที่เคาะนั้นไม่คงที่ (รูปที่ 5) แต่เครื่องรุ่นใหม่ที่ได้ทำการพัฒนามาขึ้นนั้นได้ทำที่ถือระยะเคาะให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำมากขึ้น (รูปที่ 6)



รูปที่ 5 : เครื่องเคาะสับประตรุ่นเก่า (นายอรรถพร ชูรัตน์และคณะ , 2549)



รูปที่ 6 : เครื่องเคาะสับประตรุ่นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2.1 วัสดุที่ใช้ในการเคาะ ในการทดลองนี้จะใช้เหล็กในการทำการทดลอง เนื่องจาก วัสดุที่ใช้เคาะนั้นจะไม่มีผลต่อความถี่ที่เกิดขึ้นจากการเคาะ แต่จะทำให้เกิดความชัดเจน เพื่อให้ไมโครโฟนรับเสียงได้อย่างถูกต้อง (นายอรรถพร ชูรัตน์ และ คณะ , 2549)

2.7.1.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการเคาะ ในการทดลองนี้เลือกระยะเวลาที่ 15 ซม. เนื่องจาก ระยะเวลาที่ใช้ในการเคาะไม่มีผลต่อความถี่ที่เกิดขึ้น แต่ระยะจะทำให้เสียงที่เกิดขึ้นชัดเจน จึงเลือกที่ 15 ซม. เพราะเครื่องสามารถยกได้สูงมากที่สุดเท่านี้ (นายอรรถพร ชูรัตน์ และ คณะ , 2549)

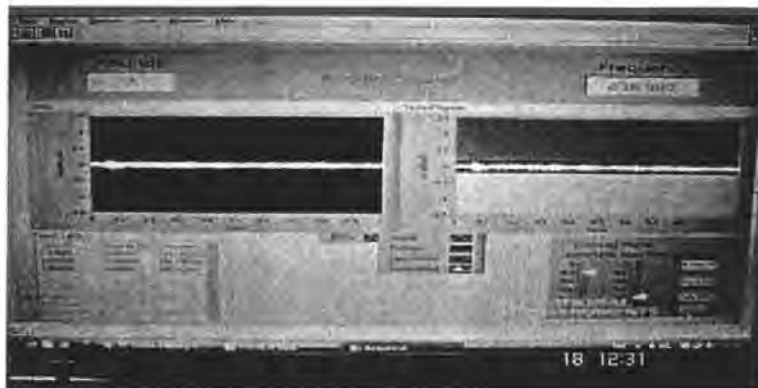
2.7.1.2.3 โปรแกรมวิเคราะห์ ในการทดลองนี้ใช้โปรแกรม LabView ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับเครื่องมือต่างๆที่อยู่ภายนอกผ่านบอร์ด Data Acquisition สามารถแสดงผลได้ทางจอ Monitor หรือในการควบคุมการวัดค่าต่างๆ เช่น Strain อุณหภูมิ หรือ ความถี่ เป็นต้น โดยมีตัว sensor รับสัญญาณเข้า LabView สามารถอ่านค่าที่ผ่านเข้ามา แล้วบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลได้ใน Microsoft Excel ดังนั้นก่อนที่เราจะใช้โปรแกรมนี้ ต้องรู้ input และ output จากนั้นจึงเลือก Hard ware ที่เหมาะสม การใช้งาน LabView นั้น ต้องมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมพอสมควร ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมคำสั่งตลอดจนการทำงานเพื่อเรียกข้อมูลการวัดแล้วนำมาแสดงบนหน้าจอ โปรแกรม LabView มีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วน คือ

2.7.1.2.3.1 Front Panel เป็นส่วนการวัดและอ่านค่าตัวเลขหรือกราฟที่ออกมาจาก Block diagram จึงทำหน้าที่เสมือนเครื่องวัดจริงโดย input ที่เข้ามาจะเป็นตัวควบคุม ส่วน output จะเป็นตัวแสดงผล

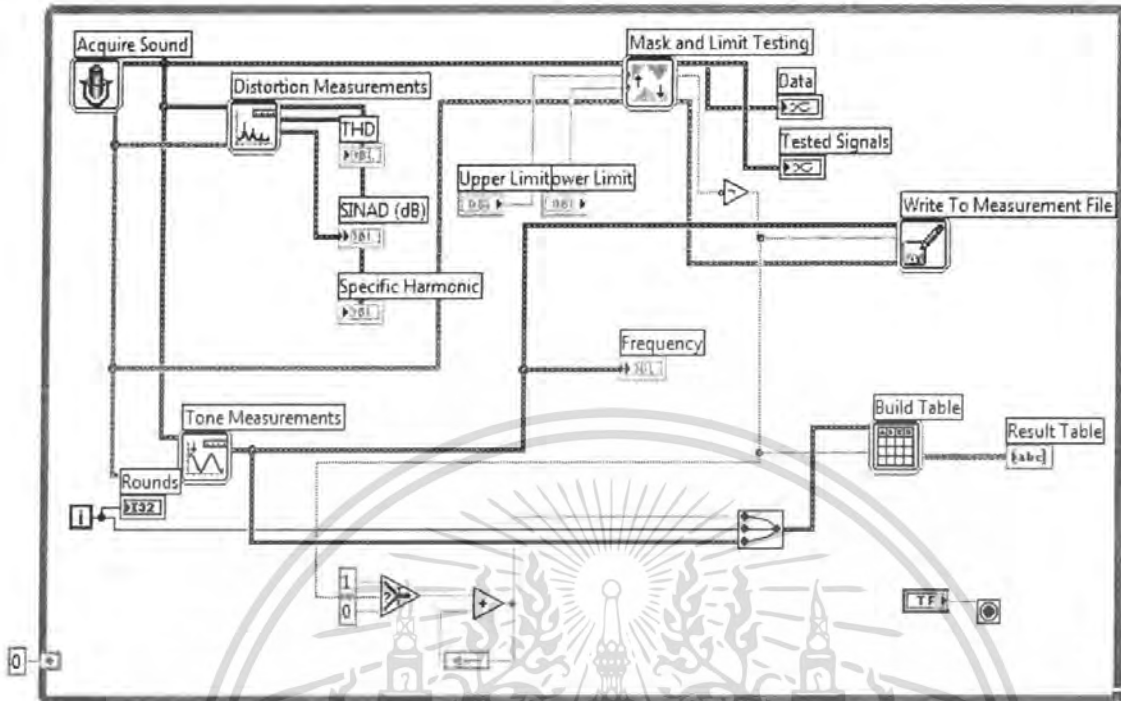
2.7.1.2.3.2 Block diagram

2.7.1.2.3.3 Icon/connector ใน Front Panel จะประกอบด้วย icon และมีสายเชื่อมต่อถึงกันในแต่ละ icon

การใช้งานโปรแกรม LabView นี้เริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในสถานศึกษาและในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะ สามารถเขียนง่าย เนื่องจาก มีหลักการเขียน โปรแกรมในแบบกราฟฟิกที่ทันสมัย และมีฟังก์ชันสำเร็จรูปสำหรับการทำงานกับอุปกรณ์อื่นๆ จึงทำให้มีรูปแบบที่สวยงาม เขียนง่ายและรวดเร็ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโปรแกรมนี้โปรแกรมของ LabView ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 : Block Diagram ของ โปรแกรม LabView

2.7.2 คุณสมบัติด้านสี

สีเป็นผลตอบสนองทางใจของคนเราต่อความยาวคลื่นในย่านต่างๆ ของพลังงานแสงที่ตกกระทบบนชั้นเรตินาในลูกตา ซึ่งคุณสมบัติการกระจายทางสเปกตรัมของวัตถุ จะทำให้เกิดสีเฉพาะของวัตถุขึ้นมาเช่น แดง , เขียว ฯลฯ ถ้าวัตถุถูกส่องด้วย แหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติต่างกันก็จะทำให้เรามองเห็นสีวัตถุต่างกันด้วยดังรูปที่ 7

SUNLIGHT

INCANDESCENT LIGHTING

FLORESCENT LIGHTING



รูปที่ 9 : ผลการตอบสนองของสี

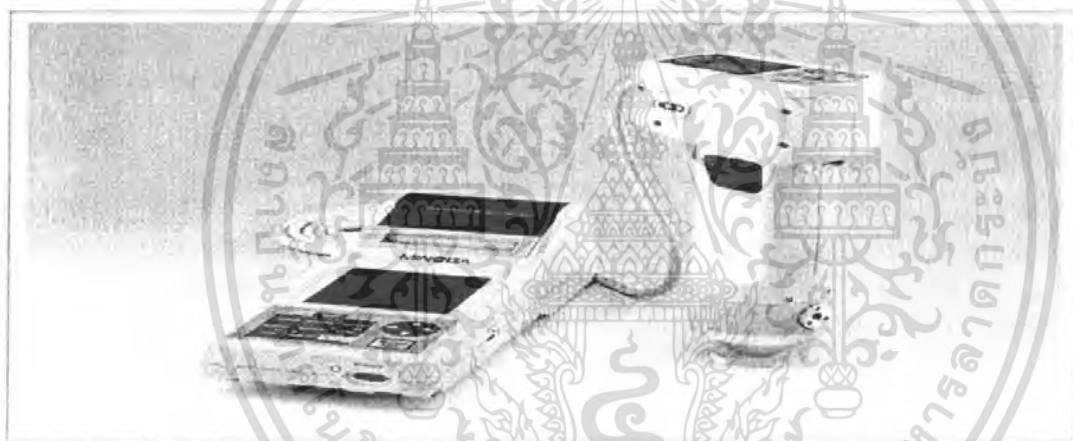
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำที่ <http://www.nectec.or.th/courseware/electrical/illumination/color.html> ซึ่งเป็นการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสี ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “Chromameter” เป็นเครื่องมือในการวัดสีของวัสดุต่าง ๆ โดยการฉายแสงจากหลอดไฟแบบ Pulsed xenon arc (PXA) ลงบนชิ้นตัวอย่างและจะวัดเฉพาะแสงที่สะท้อนออกมา ในแนวตั้งฉากกับผิววัสดุเท่านั้นเข้าสู่ Optical fiber cable เพื่อทำการวัดสีออกมาโดยการวัดแต่ละครั้ง ครอบคลุมบนพื้นที่รูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 8 มิลลิเมตร

2.7.2.2 ความสามารถในการวิเคราะห์ของเครื่อง

- สามารถแสดงผลการวัดสีออกมาในระบบสีแบบค่า Absolute และแบบค่า Difference ชนิดและลักษณะของตัวอย่างที่จะส่งทดสอบ

- ตัวอย่างที่เป็นชิ้นของแข็ง ต้องมีผิวเรียบ ขนาดไม่ต่ำกว่า 3 x 3 เซนติเมตร
- ตัวอย่างที่เป็นผงละเอียด ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ



รูปที่ 10 : เครื่องวัดสี Chromameter

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

2.7.3 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

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

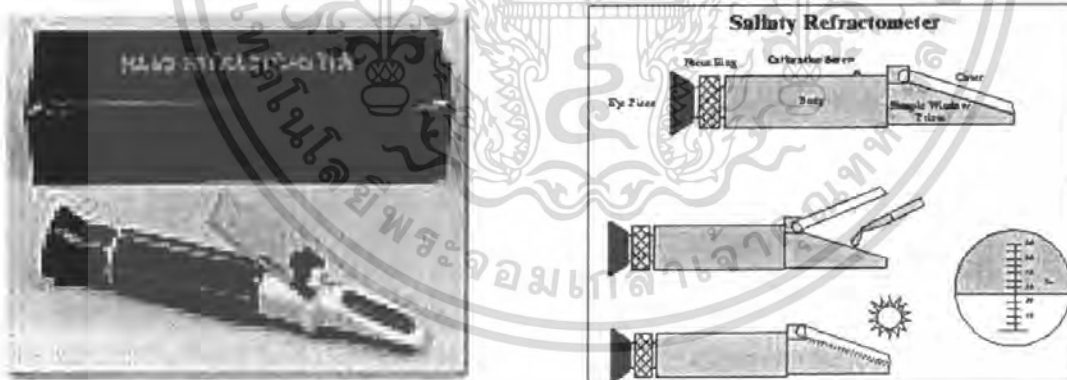
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ρ	คือ	ความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
M	คือ	มวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม)
V	คือ	ปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร)

2.7.4 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix)

เปอร์เซ็นต์บริกซ์ หมายถึง ปริมาณน้ำตาลที่มีในสารละลายของแข็ง สเกลของ เป็นชื่อหลักของนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ Adolf Brix สเกลของ % Brix เป็นค่าที่ใช้เพื่อแสดงความเข้มข้นออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของสิ่งที่บรรจุอยู่ในปริซึม ซึ่งเป็นสารละลายของแข็ง เช่น น้ำตาลโปรตีน กรด และอื่น ๆ โดย % Brix ที่อ่านได้จะเป็นค่ารวม ๆ ของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งเป็นของความเข้มข้นของสารละลายของแข็งที่มีอยู่จริง ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องดื่ม ก มี ข อยู่ 100 เปอร์เซ็นต์ และอ่านค่า % Brix ได้ 12.4 เปอร์เซ็นต์ เลขตัวนี้จะเป็ค่ามาตรฐานของทั้งหมด และตัวควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นี้คือระดับความเข้มข้น

2.7.4.1. เครื่องที่ใช้ในการวัดเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix) ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Refractometer เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการหักเหของแสงเมื่อตกกระทบกับสารละลายของแข็งที่อยู่ในปริซึม แล้วเครื่องก็ทำการแก้ปัญหาที่พบจากนั้นก็แสดงผลออกมาในรูปของ % บริกซ์



รูปที่ 11 : เครื่อง Refractometer

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

2.7.5. ความเป็นกรด - เบส (pH)

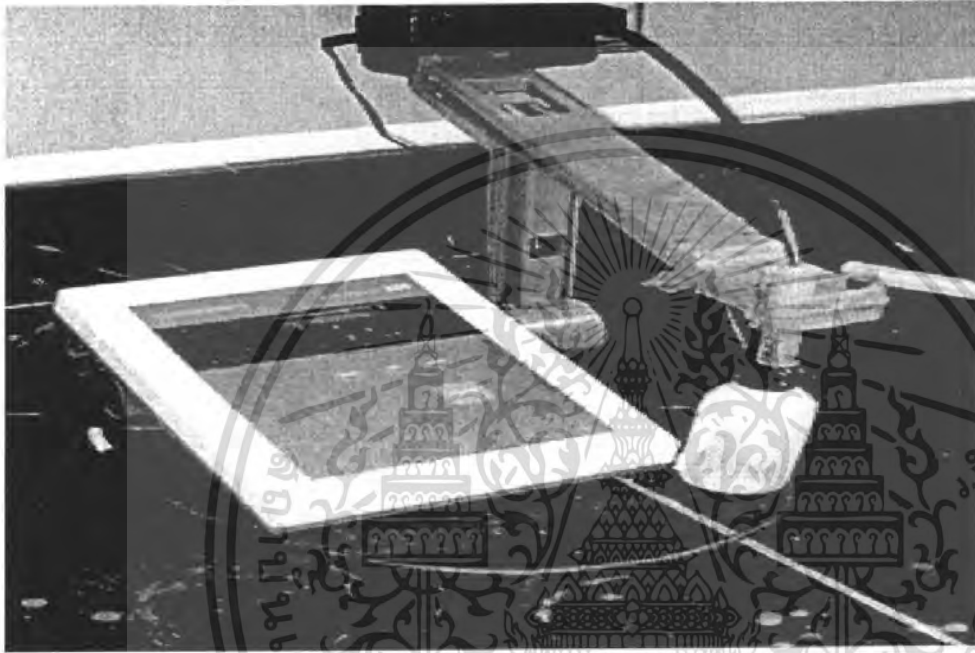
- สารละลายกรด คือสารละลายที่มีรสเปรี้ยว เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง หรือทำปฏิกิริยากับโลหะได้ แก๊ส H_2 และ เกลือ

- สารละลายเบส คือสารละลายที่มีรสขม เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน หรือมีลักษณะอื่นๆ สารละลายกรด-เบส งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5.1. 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

2.7.5.2. เครื่องที่ใช้ในการวัดความเป็นกรดต่าง ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pH meter



รูปที่ 12 : เครื่อง pHmeter

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

85402

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

ในทุกการทดลองจะใช้สับประรดชนิดเดียวกันจำนวน 120 ลูก

3.1.1. เครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน

- เครื่องหาสมบัติเสียงสะท้อน 1 เครื่อง
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม LabView 1 เครื่อง
- ไมโครโฟนและสายสัญญาณ 1 ชุด
- เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 2 กิโลกรัม 1 เครื่อง
- สับประรด 1 ชุด

3.1.2 การวัดสีเปลือกและเนื้อใน

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

3.1.3 การวัดความหนาแน่น

- เครื่องวัดความหนาแน่น โดยวิธีแทนที่น้ำ 1 ชุด
- เครื่องชั่ง 15 กิโลกรัม 1 เครื่อง
- ถังน้ำ 5 ลิตร 1 ถัง
- กระบอกตวง 1000 มิลลิลิตร 1 อัน
- สับประรด 1 ชุด

3.1.4. การวัดเปอร์เซ็นต์บrix (% Brix)

- รีเฟรคโตมิเตอร์ 1 เครื่อง
- สับประรด 1 ชุด
- บีกเกอร์ขนาด 50 มล. 10 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีด	1 เล่ม
- เขียง	1 ชุด
- กระดาษชำระ	2 ม้วน
- น้ำกลั่น	1 ลิตร

3.1.5 การวัดความเป็นกรดต่าง (pH)

- พีเอชมิเตอร์	1 เครื่อง
- สับปะรด	1 ชุด
- บีกเกอร์ขนาด 50 มล.	1 ใบ
- มีด	1 เล่ม
- กระดาษชำระ	2 ม้วน
- น้ำกลั่น	1 ลิตร

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2.1 การหาความถี่สั่นพ้อง

3.2.1.1 เริ่มทำการติดตั้งเครื่องเคาะสับปะรด คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม LabView และชุดไมโครโฟน

3.2.1.2 ชั่ง วัด บันทึกน้ำหนักและขนาดของสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง พร้อมกับขีดตำแหน่งที่ต้องการเคาะบนสับปะรด โดยในการเคาะสับปะรดนั้น 1 ลูกจะทำการเคาะสับปะรดที่ 3 ตำแหน่ง คือตำแหน่งหัว, กลาง, และท้าย โดยแต่ละตำแหน่งทำการเคาะแบบสุ่ม ตำแหน่งละ 3 ครั้ง

3.2.1.3 นำสับปะรดวางบนเครื่อง ให้ตำแหน่งที่เคาะตรงกึ่งกลางของช่องที่เจาะไว้ และจากนั้นเลื่อนไมโครโฟนของเครื่องให้เข้าใกล้สับปะรดมากที่สุด

3.2.1.4 ทำการเคาะจำนวน 120 ลูก เครื่องจะทำการบันทึกผลให้ทันทีใน Microsoft Excel

3.2.1.5 สรุปผลการวิเคราะห์ เพื่อหาความถูกต้องและแม่นยำของการวัด

3.2.2 การหาความหนาแน่น

3.2.2.1 ติดตั้งเครื่องมือวัดความหนาแน่นและทำให้เที่ยงตรง

3.2.2.2 นำสับปะรดใส่ที่สำหรับใส่สับปะรดทีละลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 หย่อนสับประรดลงไปใต้น้ำแล้วทำการอ่านค่าจากเครื่องชั่ง

3.2.2.4 บันทึกน้ำหนักของสับประรดใต้น้ำแต่ละลูก

3.2.2.5 แปลงหน่วยสับประรดจากกิโลกรัมเป็นลิตร

3.2.2.6 บันทึกผลการทดลอง

3.2.2.7 คำนวณค่าความหนาแน่นตามสูตร $\rho = m/v$ โดยเก็บผลจากการคำนวณที่ได้ในหน่วย g/ml

3.2.3 การวัดค่าสีเปลือก เมื่อวัดความหนาแน่นแล้วอันดับต่อมาวัดค่าสีเปลือก โดยใช้เครื่อง Chromameter โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.2.3.1 นำสับประรดมาวัดค่าสีเปลือกที่ 3 ตำแหน่งเช่นเดียวกับการวัดเสียง โดยวัดสี ตำแหน่งละ 3 ครั้ง

3.2.3.2 เมื่อทำการคาร์ริเบตแล้ว นำหัววัดที่ได้ไปทำการวัดสีโดยทาบที่เปลือกสับประรด เครื่องจะบอกค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b ที่ได้จากการวัด โดยสับประรด 1 ผล โดยในนำผลที่ได้จากการวัดมาเฉลี่ยกันแล้วทำการบันทึกข้อมูลที่ได้

3.2.3.3 ทำการแปรผลและสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยจะได้ค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b เพื่อดูความแตกต่างของสีเปลือกสับประรด

3.2.4 การวัดค่าสีเนื้อใน โดยใช้เครื่อง Chromameter เช่นเดียวกับการวัดสีเปลือก แต่จะทำการผ่าสับประรดตามแนวยาว(หัว-ท้าย) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.4.1 นำสับประรดมาวัดค่าสีเนื้อในที่ 3 ตำแหน่งเช่นเดียวกับการวัดเสียง โดยวัดสีตำแหน่งละ 3 ครั้ง

3.2.4.2 เมื่อทำการคาร์ริเบตแล้ว นำหัววัดที่ได้ไปทำการวัดสีโดยทาบที่เนื้อสับประรด เครื่องจะบอกค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b ที่ได้จากการวัด โดยสับประรด 1 ผล โดยในนำผลที่ได้จากการวัดมาเฉลี่ยกันแล้วทำการบันทึกข้อมูลที่ได้

3.2.4.3 ทำการแปรผลและสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยจะได้ค่า L, a, b ทำการบันทึกค่า L, a, b เพื่อดูความแตกต่างของสีเนื้อในสับประรด

3.2.5 การวัดเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix) มีขั้นตอน ดังนี้ เมื่อวัดค่าสีแล้วอันดับต่อมาวัดค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ และค่าความเป็นกรดต่าง โดยจะวัดค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ก่อนด้วยเครื่อง Refractometer แล้วนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter โดยทำการทดลองดังต่อไปนี้

3.2.5.1 นำสับประรดที่ต้องการวัดมาปอกเปลือกและแกะตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2. ตัดชิ้นเนื้อสับประรดตั้งแต่หัวถึงท้ายมาใส่ในภาชนะที่ต้องการคั้นน้ำ และคั้นให้ได้น้ำปริมาณพอเหมาะ

3.2.5.3. นำแท่งแก้วจุ่มไปในภาชนะที่ใส่น้ำสับประรด และหยดลงบนเครื่อง Refractometer

3.2.5.4. ทำการส่องเพื่อดูค่า % Brix ในที่ที่มีแสง และทำการบันทึกค่าที่ได้

3.2.5.5. แปรผลและสรุปผลการทดลอง

3.2.6 การวัดความเป็นกรดต่าง (pH) มีขั้นตอน ดังนี้

3.2.5.1. นำสับประรดที่ต้องการวัดมาปอกเปลือกและแกะตา

3.2.5.2. ตัดชิ้นเนื้อสับประรดปริมาณพอเหมาะมาใส่ในภาชนะที่ต้องการคั้นน้ำ และทำการคั้นให้ได้น้ำปริมาณพอเหมาะ

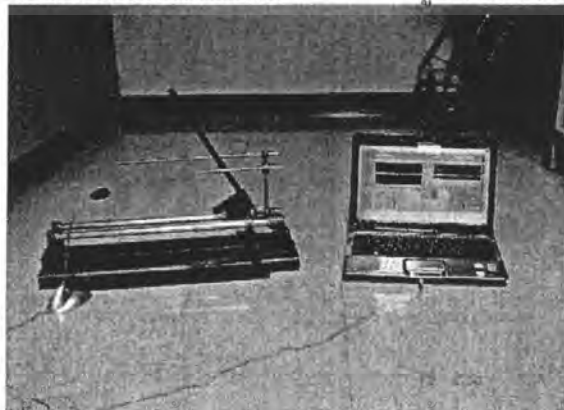
3.2.5.3. นำไปวัดค่า pH โดยใช้ pHmeter โดยทำการจุ่มหัว probe ของเครื่องลงในบีกเกอร์ที่ใส่น้ำสับประรด หยดหรือจนกว่ากราฟบนเครื่องวัด pH นิ่ง แล้วบันทึกค่าที่เครื่องอ่านได้

3.2.5.4. แปรผลและสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 13 : วิธีผ่าสับประรดที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 14 : ขณะทำการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 15 : รูปเครื่องเคาะสับประรดและคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม LabView ในการทดลอง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียง และความหนาแน่นกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความถี่เสียง และความหนาแน่นกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับปะรด แสดงในตาราง 7 พบว่า

ความถี่เสียงกับค่าสีเนื้อใน (L) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกันอย่างชัดเจนพอสมควร โดยมีค่า $R = 0.811$ ซึ่งมีค่าสูงที่สุดในดัชนีที่ทำการทดลองครั้งนี้ ความถี่เสียงกับเปอร์เซ็นต์บริกซ์ มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบเล็กน้อย โดยมีค่า $R = -0.258$ ความถี่เสียงกับค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบเล็กน้อย โดยมีค่า $R = -0.692$,

ส่วนความหนาแน่นกับเปอร์เซ็นต์บริกซ์ มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่า $R = -0.334$ ความหนาแน่นกับค่าความสว่าง(L) ของสีเนื้อใน มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่า $R = -0.183$ ความหนาแน่นกับค่าสี (a) ของสีเนื้อใน ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า $R = -0.123$

ดังนั้นดัชนีที่ใช้ในการแยกที่เหมาะสมในการใช้คัดแยกสับปะรด คือความถี่เสียงกับความสว่างของสีเนื้อใน (L) ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีคู่อื่นที่นำมาใช้ในการคัดแยก ดังผลในตารางที่ 1

ตารางที่ 3.1 : ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ (Correlations) ของดัชนีที่ใช้ในการแยกสับปะรดระหว่างดัชนีที่ไม่ทำลายผลสับปะรดกับดัชนีที่ทำลายผลสับปะรด ($n = 120$) ค่าสหสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ดัชนี	L	a	Brix
ความถี่เสียง	0.811**	-0.258**	-0.692**
ค่าความหนาแน่น	-0.183*	-0.123**	-0.334**

หมายเหตุ * หมายถึง มีค่าสหสัมพันธ์นั้นมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** หมายถึง มีค่าสหสัมพันธ์นั้นมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

ค่า $R : 0.8-1.0$ สัมพันธ์กันอย่างชัดเจน , $0.79-0.5$ สัมพันธ์กันไม่ชัดเจน ,ต่ำกว่า 0.49 มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาประสิทธิภาพของความเสี่ยงกับดัชนีที่ทำลายสับปะรด

หาประสิทธิภาพของดัชนีทางกายภาพที่มีผลต่อการแยกสับปะรดซึ่งได้แก่ ค่าความเสี่ยง, กับดัชนีที่ทำลายสับปะรดได้แก่ ค่าความสว่าง (L), ค่าสีเขียวแดง (a), ค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วพบว่าทั้ง 4 คุณสมบัตินี้สามารถแยกสับปะรดน้ำและไม่น้ำได้ ซึ่งจากการทดลองหาประสิทธิภาพของผลการทดลอง โดยหาประสิทธิภาพของวิธีการแยกสับปะรดนั้น และวัดค่าต่าง ๆ ตามวิธีการทดลองที่ 3.2.3.1 ข้างต้น แล้วสุ่มวัดค่าต่าง ๆ และให้ผู้ชำนาญแยกสับปะรดน้ำไม่น้ำ นับจำนวนความถูกต้องที่ให้ผลลัพธ์ตรงกันทั้งสองฝ่าย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงใน (ภาคผนวก ก)

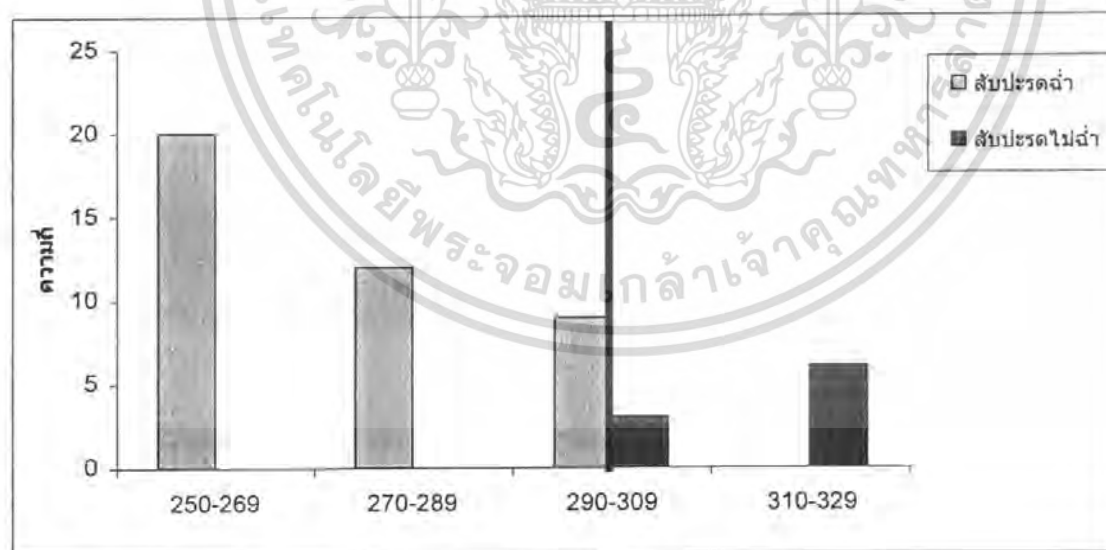
จากรูปที่ 16 หาจุดแบ่งความเสี่ยงของสับปะรดน้ำและไม่น้ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับปะรดน้ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับปะรดไม่น้ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด จุดนั้นเรียกว่า จุดแบ่งความเสี่ยง ซึ่งหาได้จากสูตร $\bar{x}_{bar} \pm SD$ โดยจุดแบ่งความเสี่ยงอยู่ที่ 302.2 Hz หมายความว่าที่ความเสี่ยงต่ำกว่า 302.2 ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำ ส่วนที่ความเสี่ยงสูงกว่า 302.2 ถือว่าเป็นสับปะรดไม่น้ำ เมื่อได้ค่ากลางที่แบ่งสับปะรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพ พบว่าเมื่อใช้สับปะรด 50 ลูก สามารถระบุความน้ำ-ไม่น้ำ ถูกตรง 40 ลูก แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการคัดแยกสับปะรด 80 %

จากรูปที่ 17 หาจุดแบ่งความหนาแน่นของสับปะรดน้ำและไม่น้ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับปะรดน้ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับปะรดไม่น้ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด จุดนั้นคือจุดแบ่งความหนาแน่น หาได้จากสูตร $\bar{x}_{bar} \pm SD$ โดยจุดแบ่งความเสี่ยงอยู่ที่ 1.10 g/ml หมายความว่าที่ความหนาแน่นต่ำกว่า 1.10 g/ml ถือว่าเป็นสับปะรดไม่น้ำ ส่วนที่ความหนาแน่นสูงกว่า 1.10 g/ml ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำ เมื่อได้ค่ากลางที่แบ่งสับปะรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพ พบว่าเมื่อใช้สับปะรด 50 ลูก สามารถระบุความน้ำ-ไม่น้ำ ถูกตรง 11 ลูก แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการคัดแยกสับปะรด 22 %

จากรูปที่ 18 หาจุดแบ่งค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) ของสับปะรดน้ำและไม่น้ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับปะรดน้ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับปะรดไม่น้ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด จุดนั้นคือจุดแบ่งค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) หาได้จากสูตร $\bar{x}_{bar} \pm SD$ โดยจุดแบ่งค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) อยู่ที่ 66.10 (แสดงการคำนวณ ภาคผนวก ง) หมายความว่าที่ค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) ต่ำกว่า 66.10 ถือว่าเป็นสับปะรดน้ำ ส่วนที่ค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) สูงกว่า 66.10 ถือว่าเป็นสับปะรดไม่น้ำ เมื่อได้ค่ากลางที่แบ่งสับปะรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพพบว่าเมื่อใช้สับปะรด 50 ลูก สามารถระบุความน้ำ-ไม่น้ำ ถูกตรง 44 ลูก แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการคัดแยกสับปะรด 88 %

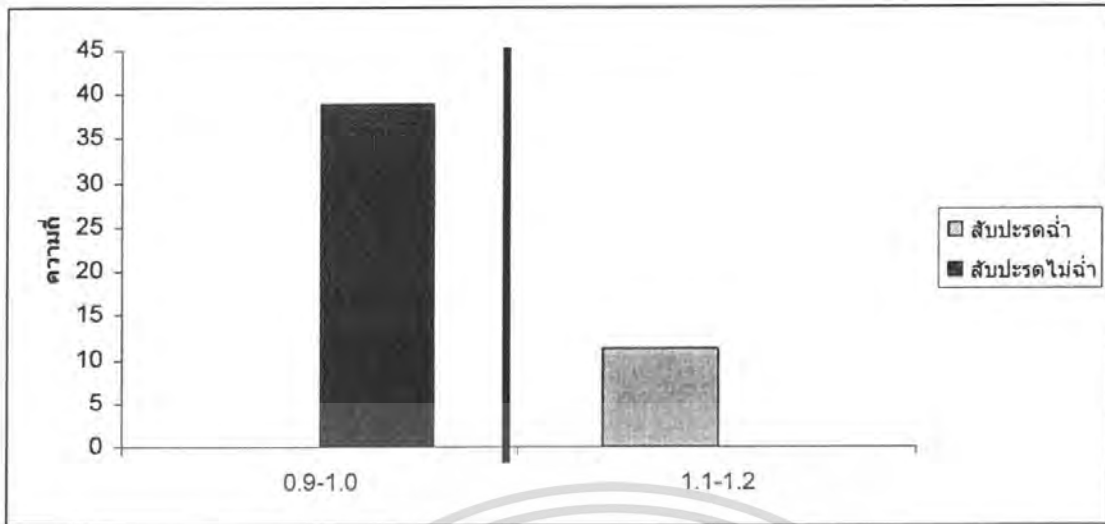
จากรูปที่ 19 หาจุดแบ่งค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) ของสับประรดน้ำและไม่น้ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับประรดน้ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับประรดไม่น้ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด จุดนั้นคือจุดแบ่งสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) หาได้จากสูตร $\bar{x} \pm SD$ โดยจุดแบ่งความถี่เสี่ยงอยู่ที่ -1.30 หมายความว่าที่ค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) ต่ำกว่า -1.30 ถือว่าเป็นสับประรดน้ำ ส่วนที่ค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) สูงกว่า -1.30 ถือว่าเป็นสับประรดไม่น้ำ เมื่อได้ค่ากลางที่แบ่งสับประรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพ พบว่าเมื่อใช้สับประรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรง 6 ลูก แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรด 12 %

จากรูปที่ 20 หาจุดแบ่งเปอร์เซ็นต์บrixซ์ของสับประรดน้ำและไม่น้ำจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสับประรดน้ำบวกด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสับประรดไม่น้ำลบด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วให้ได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด จุดนั้นคือจุดแบ่งเปอร์เซ็นต์บrixซ์ หาได้จากสูตร $\bar{x} \pm SD$ โดยจุดแบ่งเปอร์เซ็นต์บrixซ์อยู่ที่ 16.40 หมายความว่าที่ค่าเปอร์เซ็นต์บrixซ์ต่ำกว่า 16.40 ถือว่าเป็นสับประรดไม่น้ำ ส่วนที่เปอร์เซ็นต์บrixซ์สูงกว่า 16.40 ถือว่าเป็นสับประรดไม่น้ำเมื่อได้ค่ากลางที่แบ่งสับประรดแล้วนำมาหาค่าประสิทธิภาพ พบว่าเมื่อใช้สับประรด 50 ลูก สามารถระบุความฉ่ำ-ไม่ฉ่ำ ถูกตรง 10 ลูก แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการคัดแยกสับประรด 20 %

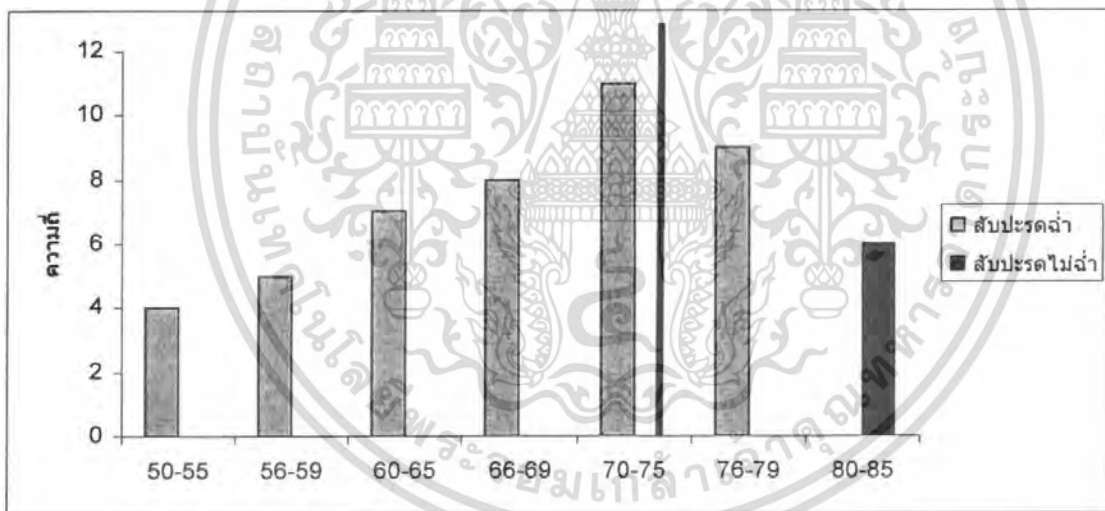


รูปที่ 16 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความถี่เสี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

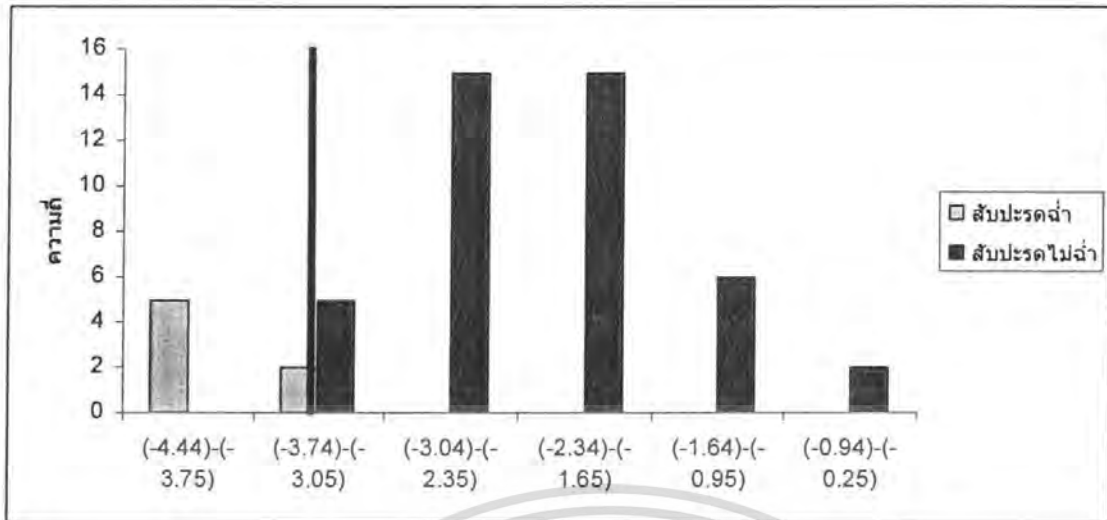


รูปที่ 17 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของความหนาแน่น

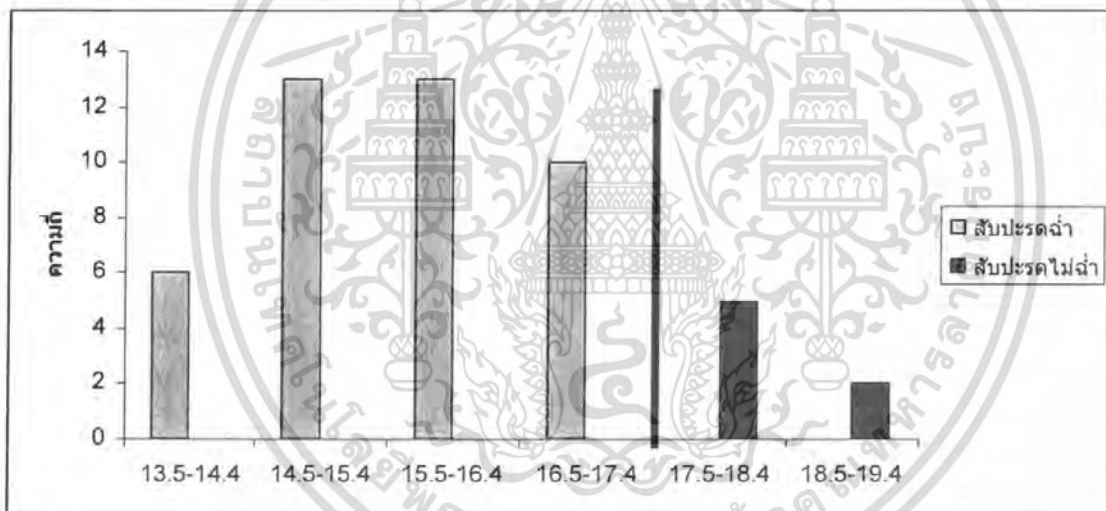


รูปที่ 18 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าความสว่างของเนื้อใน (L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าสีแดง - เขียว (a)



รูปที่ 20 : กราฟการกระจายแบบฮิสโตแกรมของค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์

ตารางที่ 2 แสดงผลประสิทธิภาพของดัชนีทั้ง 5 ได้แก่ ค่าความสว่างของเนื้อใน ความถี่สั้นพ้อง ความหนาแน่น ค่าสีแดง - เขียว ค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ พบว่า ดัชนีที่ไม่ทำลายสับประรด ได้แก่ ค่าความถี่เสียงและความหนาแน่น ได้ประสิทธิภาพในการคัดแยก 80 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัชนีที่ทำลายสับประรด ได้แก่ ค่าสีสว่างของสีเนื้อใน (L) มีเปอร์เซ็นต์การคัดแยกสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าสีแดง-เขียวของสีเนื้อใน (a) และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ได้ประสิทธิภาพในการคัดแยกน้อยที่ 12 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 : ตารางแสดงประสิทธิภาพในการคัดแยกสัปดาห์ประคองดัชนีต่าง

ดัชนีที่ใช้ในการคัดแยก	ประสิทธิภาพในการคัดแยก
ค่าสีความสว่าง (L)	88 %
ความถี่สีพื้น	80 %
ความหนาแน่น	22 %
ค่าสีแดง-เขียว (a)	12 %
ค่าเปอร์เซ็นต์บร็อกซ์	20 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในปัญหาพิเศษนี้ได้นำคุณสมบัติความถี่สั้นพ้องมาใช้ในการคัดแยกสับประรด โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้คือ ค่าความหนาแน่น สีเปลือกและสีเนื้อในของสับประรด (L, a, b) เปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ค่าความเป็นกรด - ด่าง แล้วนำมาทำการหาความสัมพันธ์เพื่อที่จะได้ทราบถึงความฉ่ำ - ไม่ฉ่ำของสับประรด วิธีการทดลองเริ่มจากการนำสับประรดมาทำสัญลักษณ์ในตำแหน่งที่จะทำการเคาะจากนั้น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำสับประรดมาเคาะด้วยเครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อน (Acoustic) หลังจากนั้นนำไปวัดความหนาแน่นด้วยวิธีการแทนที่น้ำ วัดค่าสีเนื้อภายใน (L, a, b) เปอร์เซ็นต์บรีกซ์, ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามลำดับ จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติความถี่สั้นพ้องเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 4 ดัชนีที่สามารถคัดแยกความแตกต่าง ของสับประรดฉ่ำกับไม่ฉ่ำคือ ความหนาแน่น ค่าสีสว่าง (L) ค่าสีเขียว-แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีที่ใช้ในการคัดแยกสับประรดของความถี่เสียงและความหนาแน่น กับดัชนีที่ไม่ทำลายสับประรด (ค่าสี (L), ค่าสี (a), และเปอร์เซ็นต์บรีกซ์) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับประรด มีค่าสูงกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับดัชนีที่ไม่ทำลายสับประรด และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับค่าสีสว่างเนื้อใน (L) มีค่าสูงสุดในการทดลองที่ $R = 0.811$ ความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนพอสมควรในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

เมื่อหาค่าประสิทธิภาพของการคัดแยกสับประรดฉ่ำและไม่ฉ่ำด้วยคุณสมบัติทางกายภาพ โดยใช้ตัวอย่างสับประรด 50 ตัวอย่าง ด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ด้วยฮิสโตแกรม พบว่าเมื่อใช้ความถี่สั้นพ้อง ความหนาแน่น ค่าสีสว่าง (L) ค่าสีเขียว - แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ได้ประสิทธิภาพในการแยก 80, 22, 88, 12 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่า การคัดแยกสับประรดด้วยความถี่สั้นพ้องให้ประสิทธิภาพในการคัดแยก 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพพอสมควรเมื่อเทียบกับค่าประสิทธิภาพของเครื่องเคาะแบบเก่าซึ่งมีประสิทธิภาพในการคัดแยก 66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดัชนีที่ทำลายสับประรด คือ ค่าสีสว่าง (L) ค่าสีเขียว - แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ได้ประสิทธิภาพในการแยก 88, 12 และ 20 ตามลำดับ พบว่าค่าสีสว่าง (L) ของสีเนื้อใน มีประสิทธิภาพในการคัดแยกสูงมาก แต่มีข้อเสียคือต้องทำลายสับประรดทำให้ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ส่วนค่าสีเขียว - แดง (a) ของสีเนื้อใน และค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ได้ประสิทธิภาพในการคัดแยกต่ำ อีกทั้งยังทำลายสับประรดจึงไม่ควรนำมาใช้ในกระบวนการคัดแยกสับประรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- วีระพงษ์ เกลิมจิระรัตน์ 2546 วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ พิมพ์ครั้งที่ 10 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร
- กนต์ธร ชำนิประศาสน์ 2545 การสั้นทางกล กรุงเทพมหานคร ป.เพ็รียสัน เอ็ดดูเคชันอินโดไชน่า จำกัด
- ก่อเกียรติ บุญชูกุล 2539 การวิเคราะห์การสั้นสะเทือน พิมพ์ครั้งที่1 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพมหานคร
- บัณฑิต จริโมภาส. 2547 เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อนของผลไม้. การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 ประจำปี 2547. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร
- จิราพรณ คคล้ายกิจจา. 2546. สับปะรด. พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษรสยามการพิมพ์
- อรรถพร ชูรัตน์ และ คณะ. 2550 การคัดแยกสับปะรดด้วยคุณสมบัติทางกายภาพ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- Clark, R.L. 1997. An investigation of the acoustic properties of pineapple as related to maturity. American Society of Agricultural Engineering. St. Joseph, 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

ตารางที่ 3 แสดงผลดัชนีในการคัดแยกสับประดจำนวน 120 ลูก

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (ml)
1	307.66	0.98	67.00	-4.30	41.00	3.71	16.0	660	675
2	296.52	1.02	64.68	-3.00	34.79	3.71	17.0	460	450
3	309.53	1.03	58.09	-3.84	31.78	3.89	16.0	680	660
4	324.53	1.06	63.97	-3.37	36.29	3.61	14.4	520	490
5	283.69	0.96	64.26	-2.49	38.13	3.74	16.8	460	480
6	298.21	1.01	60.85	-2.58	38.24	3.66	15.0	370	365
7	301.06	1.00	64.34	-2.00	39.79	3.69	15.9	530	530
8	315.94	1.07	56.22	-1.39	39.84	3.76	16.9	520	485
9	299.86	1.02	62.44	-0.25	43.45	3.52	18.5	520	510
10	314.85	1.01	64.50	-0.30	39.95	3.70	13.7	570	565
11	270.07	0.99	62.81	-3.07	34.84	3.70	14.5	520	525
12	288.85	0.98	61.63	-1.59	39.74	3.78	14.7	530	540
13	285.26	1.01	65.40	-2.20	37.41	3.75	16.6	560	555
14	281.74	1.02	59.75	-1.96	41.21	3.64	14.3	590	580
15	293.40	1.02	59.80	-0.69	39.46	3.76	14.2	600	590
16	285.51	1.05	50.89	-3.07	27.91	3.82	13.6	600	570
17	287.40	1.03	64.76	-2.94	32.51	4.05	18.3	650	630
18	325.30	1.02	64.37	-3.27	29.96	3.76	15.4	630	615
19	291.61	1.02	61.97	-2.71	29.20	3.70	15.2	580	570
20	318.73	1.03	64.14	-3.09	34.86	3.80	16.1	620	600
21	293.05	0.99	62.09	-2.58	22.94	3.86	15.3	640	645
22	312.60	1.05	63.51	-2.45	25.35	3.68	16.4	590	560
23	303.37	1.05	67.28	-0.87	22.54	3.94	17.1	600	570
24	271.06	0.99	64.15	-2.36	18.89	3.62	14.2	570	575
25	264.51	1.01	65.19	-1.51	22.95	3.78	15.3	640	635
26	267.84	1.04	67.00	-2.08	16.29	3.77	16.5	730	705

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (ml)
27	267.94	1.00	63.20	-2.17	19.93	3.56	18.1	690	690
28	260.78	1.03	61.52	-1.80	13.71	3.80	17.5	710	690
29	259.96	0.98	56.26	-2.61	23.22	3.82	17.2	620	635
30	261.99	1.03	64.99	-2.51	20.49	3.75	16.3	670	650
31	262.02	0.99	60.57	-1.82	23.42	3.86	16.7	700	710
32	262.38	1.02	66.97	-2.02	17.99	3.71	15.7	670	660
33	262.02	1.03	59.14	-2.22	23.76	3.65	15.4	700	680
34	271.24	1.09	66.07	-2.33	16.11	3.92	14.7	580	530
35	262.36	1.21	62.08	-2.52	17.72	3.98	14.8	550	455
36	265.33	1.05	64.76	-1.20	18.43	3.68	15.8	560	535
37	291.30	1.02	50.33	-2.39	23.39	3.67	16.2	550	540
38	260.24	1.03	63.28	-2.15	21.37	3.77	17.4	600	580
39	290.64	0.99	65.27	-2.33	19.98	3.78	17.3	540	545
40	283.15	0.99	66.04	-2.62	19.73	3.69	16.6	540	545
41	264.69	1.00	64.65	-2.12	23.19	3.81	17.5	550	550
42	284.37	0.99	63.09	-2.05	24.27	3.87	18.6	550	555
43	267.67	0.99	55.40	-2.56	22.04	3.97	16.3	520	525
44	262.36	0.94	60.37	-2.41	21.90	3.90	14.8	390	415
45	264.69	1.24	61.44	-1.39	39.84	3.76	14.9	410	330
46	264.74	1.05	66.50	-0.25	43.45	3.82	16.2	430	410
47	264.97	1.01	57.95	-0.30	39.95	3.64	17.3	400	395
48	264.21	1.14	58.99	-1.60	23.59	3.75	15.1	480	420
49	265.52	1.07	65.48	-2.58	22.94	3.87	18.1	440	410
50	282.53	1.08	54.42	-2.03	17.94	3.52	13.9	400	370
51	262.84	1.03	59.98	-2.71	22.95	3.68	15.4	400	390
52	262.96	1.02	59.08	-1.33	19.15	3.74	16.3	480	470
53	265.51	1.05	61.40	-2.89	23.46	3.64	16.8	440	420
54	265.07	1.03	61.44	-1.49	18.13	3.84	17.1	400	390
55	265.43	1.01	67.52	-1.57	24.51	3.77	18.3	460	455
56	267.05	0.98	55.57	-1.66	16.02	3.71	13.7	430	440
57	268.15	1.10	65.18	-2.92	21.68	3.69	15.0	440	400
58	263.26	1.07	61.02	-2.92	17.36	3.69	15.1	450	420

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (ml)
59	263.64	1.14	56.11	-2.13	23.76	3.17	14.9	440	385
60	275.01	1.02	60.50	-1.11	16.58	3.72	13.8	450	440
61	377.35	0.96	75.52	-2.85	21.26	3.70	13.4	1300	1300
62	344.10	0.97	72.56	-1.88	19.29	3.61	12.6	920	910
63	296.33	0.81	72.50	-2.18	22.36	3.77	12.8	1500	1450
64	394.66	1.12	73.14	-2.64	21.69	3.66	12.6	1200	1090
65	343.30	1.01	73.10	-2.55	20.11	3.58	16.2	1000	970
66	340.20	0.84	73.09	-2.31	21.30	3.75	14.8	1030	985
67	352.76	0.98	74.80	-2.11	18.18	3.50	12.4	1170	1105
68	395.28	0.75	70.88	-2.22	20.18	3.46	13.4	1000	965
69	393.55	1.10	71.86	-1.91	18.71	3.60	11.8	980	960
70	282.03	0.93	71.95	-1.89	19.58	3.45	11.6	1000	975
71	383.33	1.15	74.28	-2.11	17.74	3.50	12.0	900	845
72	393.45	0.92	72.66	-2.48	19.95	3.41	14.6	1000	970
73	396.04	0.96	73.44	-2.24	19.49	3.57	12.6	1300	1350
74	380.25	1.00	71.22	-2.27	20.55	3.42	15.8	1000	955
75	409.95	1.05	73.82	-2.20	19.37	3.55	14.2	1100	1100
76	376.25	0.87	71.57	-2.39	19.27	3.65	15.2	1200	1200
77	352.97	0.87	73.88	-2.63	21.15	3.54	12.2	1100	1085
78	408.54	0.93	74.25	-2.29	20.07	3.69	13.8	1160	1140
79	405.23	0.94	74.17	-1.90	19.24	3.65	13.6	1150	1105
80	361.88	0.80	73.19	-1.98	19.94	3.64	14.6	1000	955
81	369.18	0.98	74.99	-2.55	20.28	4.05	14.8	940	960
82	317.69	1.02	72.96	-2.03	19.78	3.67	13.2	920	1000
83	352.78	1.07	74.35	-2.19	21.33	3.79	14.6	900	845
84	394.21	1.02	72.74	-2.46	20.44	3.67	13.4	1050	1030
85	372.12	0.98	72.52	-2.53	20.43	3.73	13.0	1120	1140
86	375.38	0.96	72.49	-2.39	20.73	3.80	13.4	880	915
87	276.94	1.04	71.84	-2.04	18.48	3.61	13.2	850	820
88	308.03	0.99	74.85	-1.69	16.85	3.70	13.6	970	980
89	370.57	1.02	73.03	-2.04	17.85	3.72	12.4	860	840
90	373.76	1.02	71.56	-1.81	19.70	3.88	14.0	980	960

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (ml)
91	373.76	0.99	73.25	-2.64	20.86	3.78	13.8	820	830
92	389.27	1.07	74.17	-3.21	17.59	3.70	13.6	960	900
93	374.86	1.13	74.36	-2.24	21.65	3.76	12.0	970	860
94	382.91	1.03	72.79	-2.17	18.04	3.74	13.8	1000	970
95	380.65	1.05	73.95	-2.26	22.03	3.69	13.4	840	800
96	323.91	1.04	71.85	-2.60	21.25	3.81	14.2	1080	1040
97	364.71	1.03	75.70	-2.37	20.43	3.90	13.8	800	780
98	406.30	0.97	74.98	-2.04	20.14	3.74	13.0	1000	1030
99	348.48	1.01	75.80	-2.07	19.63	3.73	13.0	820	810
100	350.98	1.05	74.52	-2.18	21.92	3.64	13.4	890	845
101	404.83	1.09	72.55	-2.40	21.98	3.55	11.2	1210	1110
102	406.68	1.09	79.20	-2.81	22.16	3.70	12.0	1010	925
103	402.52	1.1	77.94	-2.56	19.79	3.69	10.4	690	628
104	378.88	1.1	76.42	-2.74	22.14	3.97	12.2	690	630
105	401.41	1.19	76.92	-2.45	20.70	3.73	10.0	1070	900
106	402.13	1.06	77.73	-2.74	21.12	3.83	12.4	930	875
107	388.19	1.15	76.31	-2.59	20.80	3.73	12.6	690	600
108	371.56	1.2	76.28	-2.57	20.38	3.60	11.0	850	708
109	353.65	1.12	74.73	-2.41	21.02	3.74	11.6	910	810
110	373.01	1.11	75.44	-2.81	21.05	3.89	11.6	770	695
111	339.37	1.16	78.40	-3.05	22.79	3.62	9.8	810	700
112	369.21	1.13	75.46	-2.69	25.55	3.55	11.2	860	759
113	415.63	1.31	78.27	-2.57	19.84	3.58	11.8	720	548
114	396.41	1.37	76.12	-2.74	21.37	3.74	11.8	740	540
115	366.89	1.26	75.46	-2.40	21.01	3.68	9.6	1020	810
116	366.67	1.04	74.93	-2.61	23.35	3.84	12.4	710	680
117	424.97	1.31	74.33	-2.71	20.25	3.74	12.2	690	525
118	381.23	1.42	76.43	-2.69	22.68	4.06	12.6	600	420
119	364.57	1.32	76.36	-2.64	21.83	3.82	13.2	610	460
120	430.19	1.14	75.78	-2.53	21.86	3.61	11.4	500	440

หมายเหตุ ลูกที่ 1-60 คือ สับปรดน้ำ, ลูกที่ 61-120 คือ สับปรดไม่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองหาประสิทธิภาพของสับปะรดจำนวน 50 ลูก

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
1	307.66	1.0	75.26	-1.59	41.00	3.71	14.7	660	675
2	296.52	1.0	76.16	-2.20	34.79	3.71	16.6	460	450
3	309.53	1.0	74.22	-1.96	31.78	3.89	14.3	680	660
4	324.53	1.0	62.17	-0.69	36.29	3.61	14.2	520	490
5	283.69	1.1	77.67	-3.07	38.13	3.74	13.6	460	480
6	298.21	1.0	77.68	-2.58	38.24	3.66	15.0	370	365
7	301.06	1.0	76.90	-2.00	39.79	3.69	15.9	530	530
8	315.94	1.1	71.29	-1.39	39.84	3.76	16.9	520	485
9	299.86	1.0	75.01	-0.25	43.45	3.52	18.5	520	510
10	314.85	1.0	76.97	-0.30	39.95	3.70	13.7	570	565
11	270.07	1.0	78.90	-3.07	34.84	3.70	14.5	520	525
12	288.85	1.0	80.38	-4.30	39.74	3.78	16.0	530	540
13	285.26	1.0	63.51	-3.00	37.41	3.75	17.0	560	555
14	281.74	1.0	80.27	-3.84	41.21	3.64	16.0	590	580
15	293.40	1.1	79.96	-3.37	39.46	3.76	14.4	600	590
16	285.51	1.0	77.09	-2.49	27.91	3.82	16.8	600	570
17	287.40	1.0	75.92	-2.94	32.51	4.05	18.3	650	630
18	325.30	1.0	79.30	-3.27	29.96	3.76	15.4	630	615
19	291.61	1.0	75.13	-2.71	29.20	3.70	15.2	580	570
20	318.73	1.0	75.14	-2.62	34.86	3.80	16.6	620	600
21	293.05	1.0	62.09	-2.12	22.94	3.86	17.5	640	645
22	312.60	1.0	63.51	-2.05	25.35	3.68	18.6	590	560
23	303.37	1.0	67.28	-2.56	22.54	3.94	16.3	600	570
24	271.06	0.9	64.15	-2.41	18.89	3.62	14.8	570	575
25	264.51	1.2	71.29	-1.39	22.95	3.78	14.9	640	635
26	267.84	1.0	75.85	-2.08	16.29	3.77	16.5	730	705
27	267.94	1.0	81.34	-2.17	19.93	3.56	18.1	690	690
28	260.78	1.0	79.22	-1.80	13.71	3.80	17.5	710	690

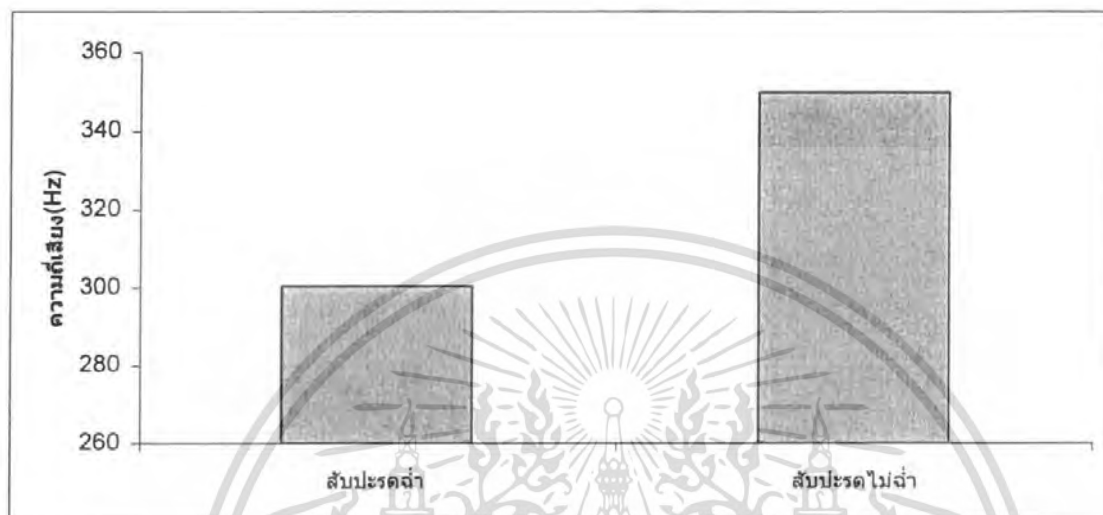
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกที่	ความถี่เสียง (Hz)	ความหนาแน่น (g/ml)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	pH	%Brix	น้ำหนัก (kg)	ปริมาตร (ml)
29	259.96	0.98	56.26	-2.61	23.22	3.82	17.2	620	635
30	261.99	1.03	64.99	-2.51	20.49	3.75	16.3	670	650
31	262.02	0.99	60.57	-1.82	23.42	3.86	16.7	700	710
32	262.38	1.02	66.97	-2.02	17.99	3.71	15.7	670	660
33	262.02	1.03	59.14	-2.22	23.76	3.65	15.4	700	680
34	271.24	1.09	66.07	-2.33	16.11	3.92	14.7	580	530
35	262.36	1.21	62.08	-2.52	17.72	3.98	14.8	550	455
36	265.33	1.05	64.76	-1.20	18.43	3.68	15.8	560	535
37	291.30	1.02	50.33	-2.39	23.39	3.67	16.2	550	540
38	260.24	1.03	63.28	-2.15	21.37	3.77	17.4	600	580
39	290.64	0.99	65.27	-2.33	19.98	3.78	17.3	540	545
40	283.15	0.99	66.04	-2.62	19.73	3.69	16.6	540	545
41	264.69	1.00	64.65	-2.12	23.19	3.81	17.5	550	550
42	284.37	0.99	63.09	-2.05	24.27	3.87	18.6	550	555
43	267.67	0.99	55.40	-2.56	22.04	3.97	16.3	520	525
44	262.36	0.94	60.37	-2.41	21.90	3.90	14.8	390	415
45	264.69	1.24	61.44	-1.39	39.84	3.76	14.9	410	330
46	264.74	1.05	66.50	-0.25	43.45	3.82	16.2	430	410
47	264.97	1.01	57.95	-0.30	39.95	3.64	17.3	400	395
48	264.21	1.14	58.99	-1.60	23.59	3.75	15.1	480	420
49	265.52	1.07	65.48	-2.58	22.94	3.87	18.1	440	410
50	282.53	1.08	54.42	-2.03	17.94	3.52	13.9	400	370

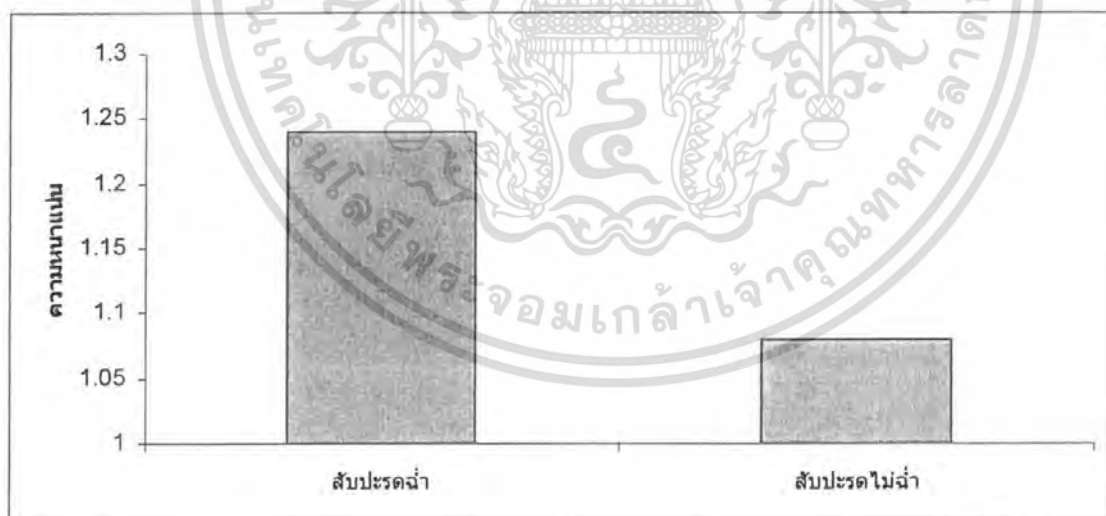
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

กราฟแสดงการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของดัชนีต่าง ๆ ที่ใช้ในการคัดแยกสับปะรด

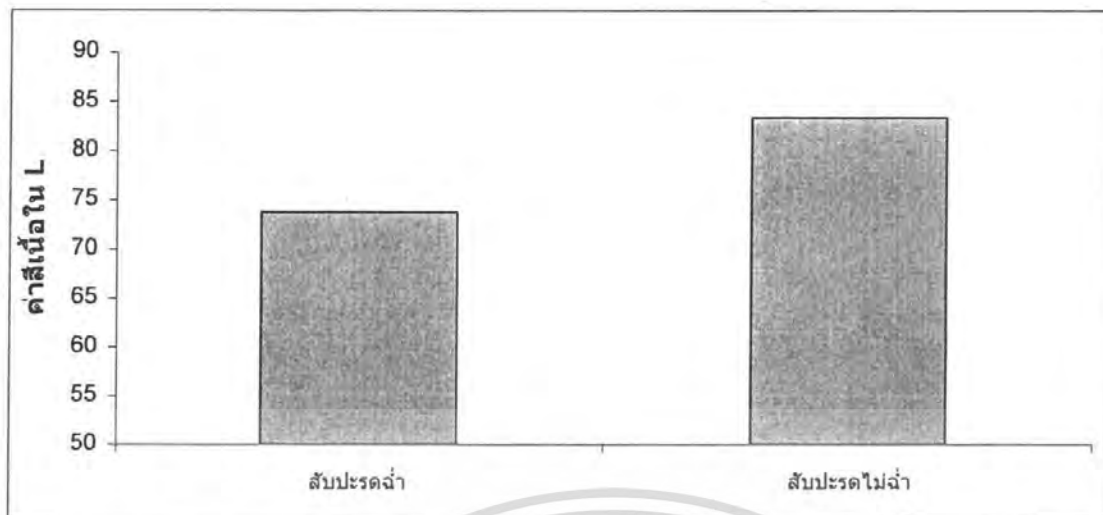


รูปที่ 21: กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เสียงกับชนิดของสับปะรด



รูปที่ 22 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับชนิดของสับปะรด

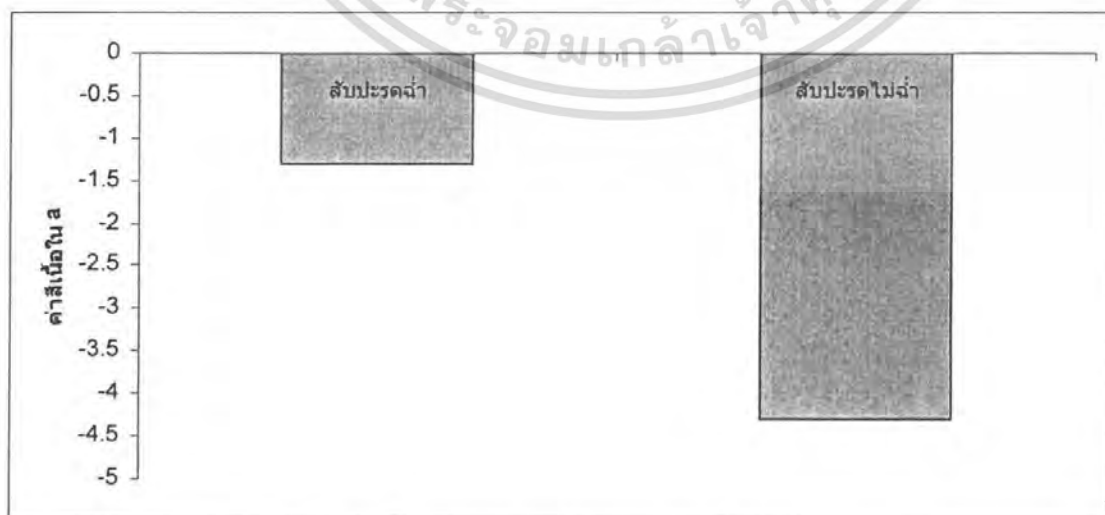
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความสว่างของสีเนื้อใน (L) กับชนิดของสับประรด

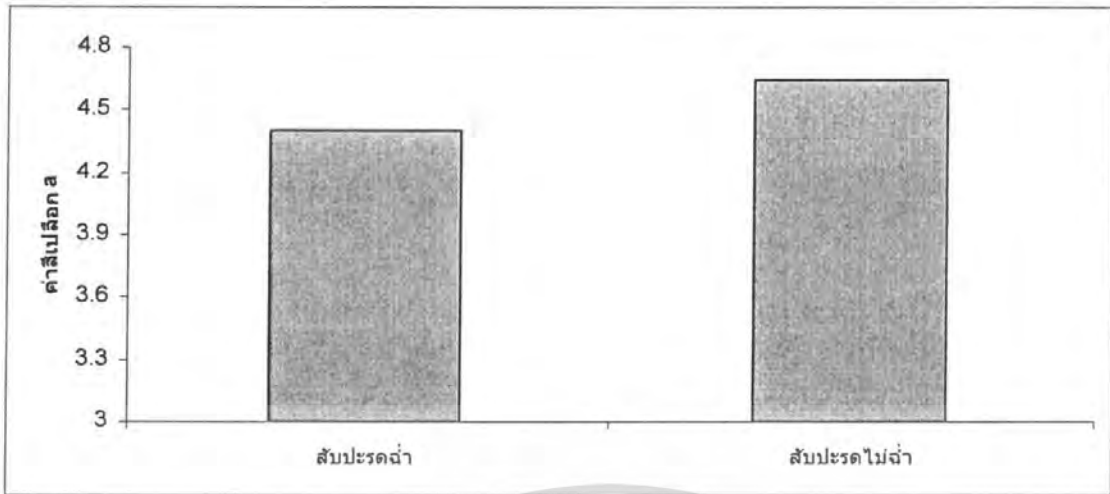


รูปที่ 24 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความสว่างของสีเปลือก (L) กับชนิดของสับประรด

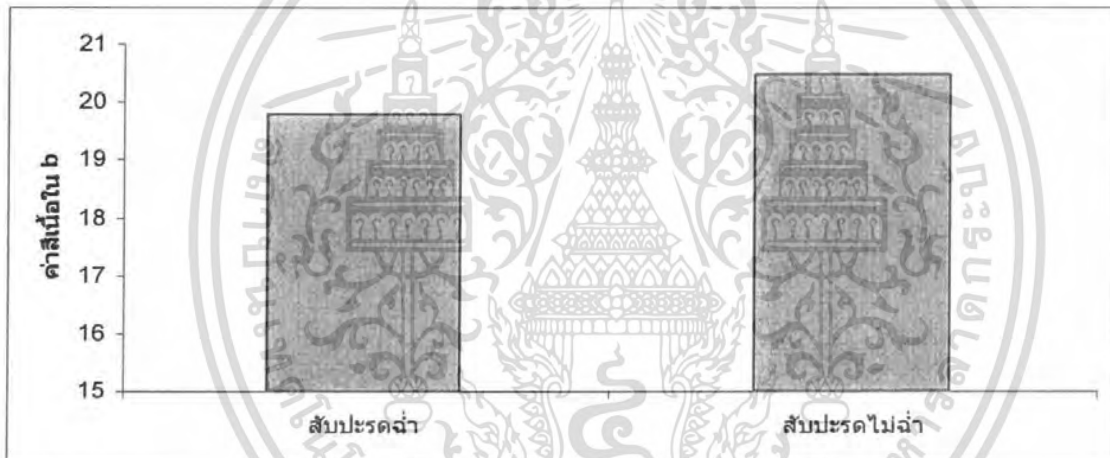


รูปที่ 25 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสีแดง - เขียวของเนื้อใน (a) กับชนิดของสับประรด

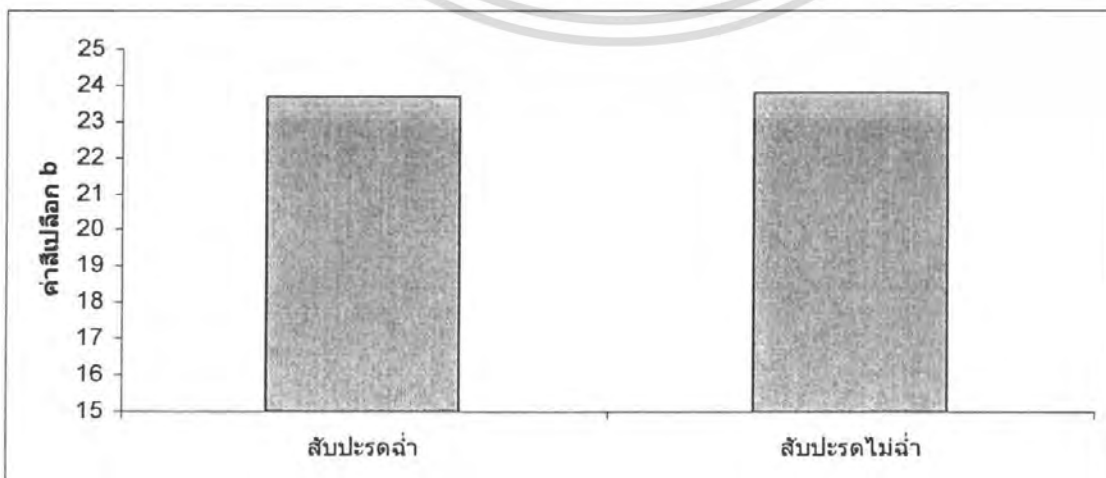
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



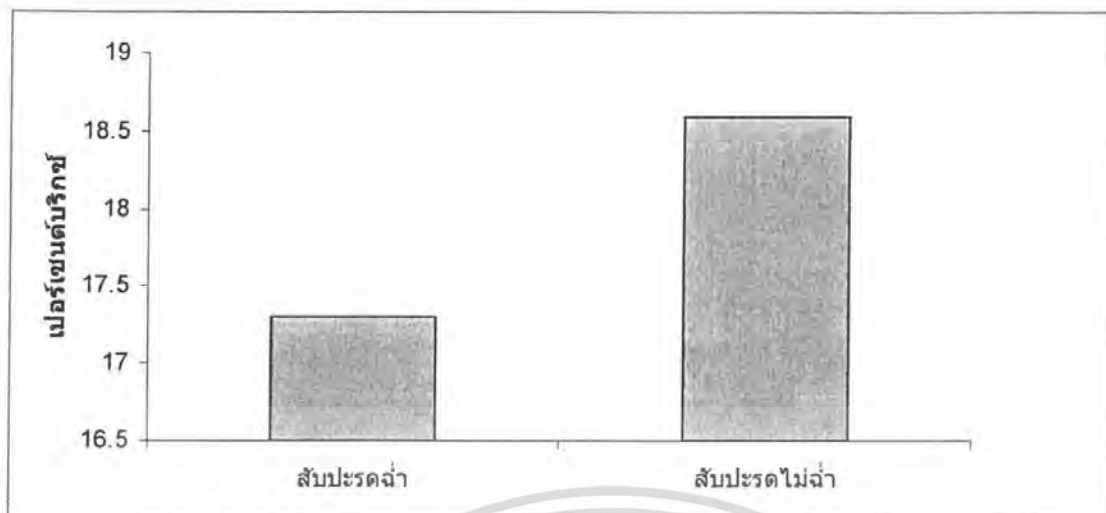
รูปที่ 26 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสีแดง - เขียวของสีเปลือก (a) กับชนิดของสับปรด



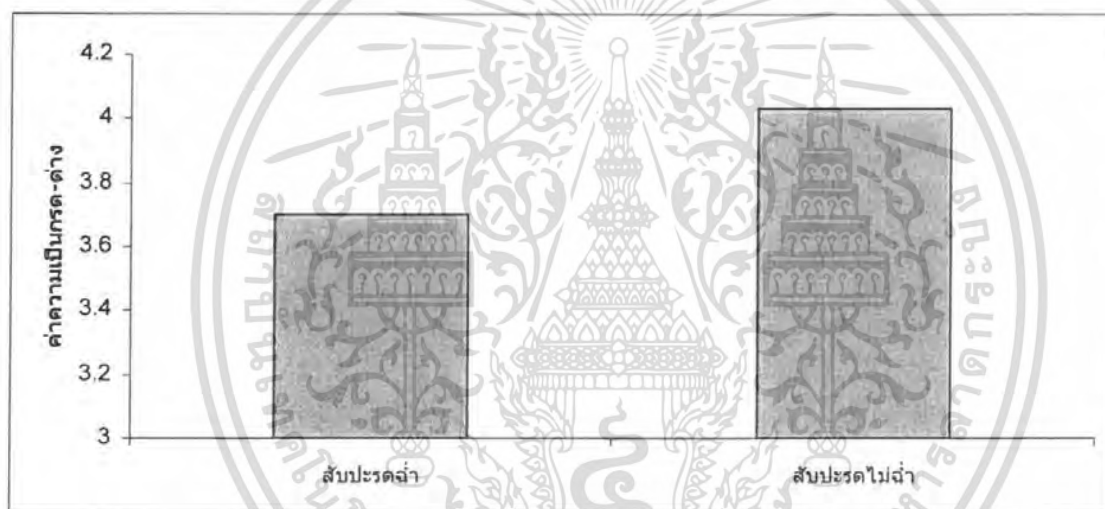
รูปที่ 27 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสีเนื้อใน (b) กับชนิดของสับปรด



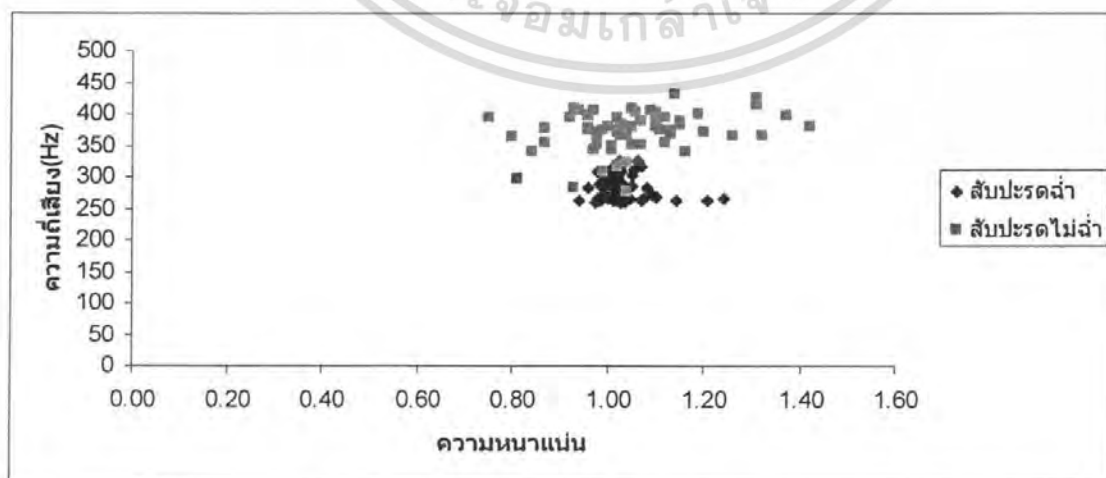
รูปที่ 28 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า (b) ของสีเปลือกกับชนิดของสับปรด ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



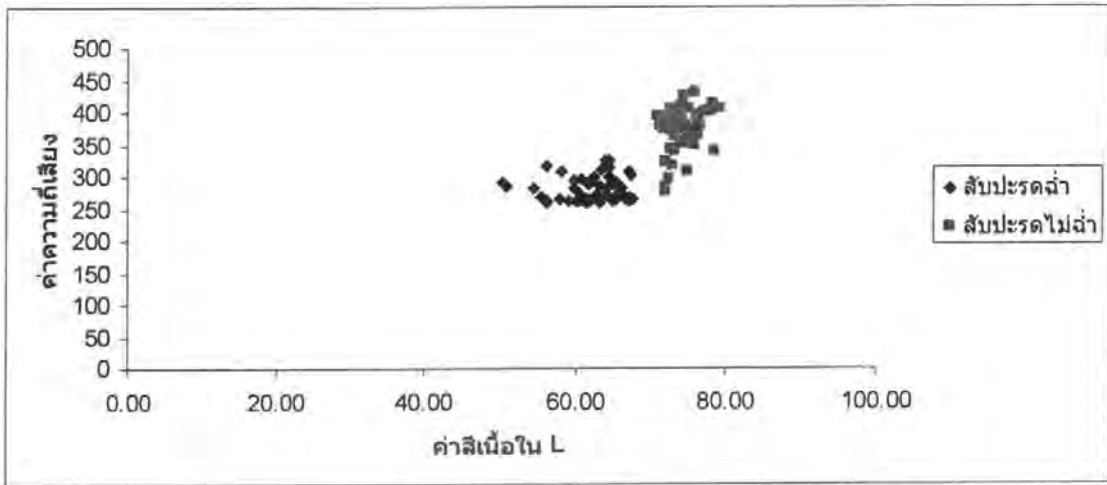
รูปที่ 29 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์กับชนิดของสับปรด



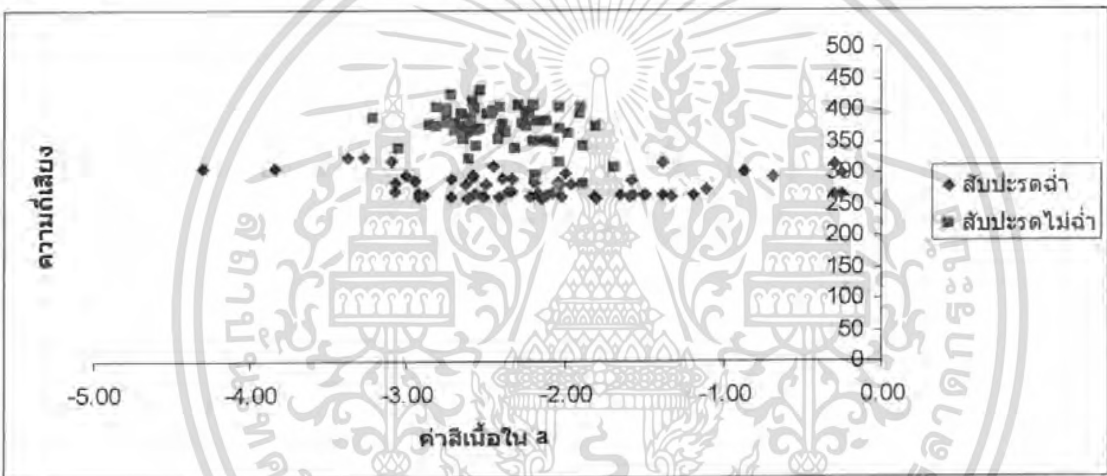
รูปที่ 30 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเป็นกรด - ด่างกับชนิดของสับปรด



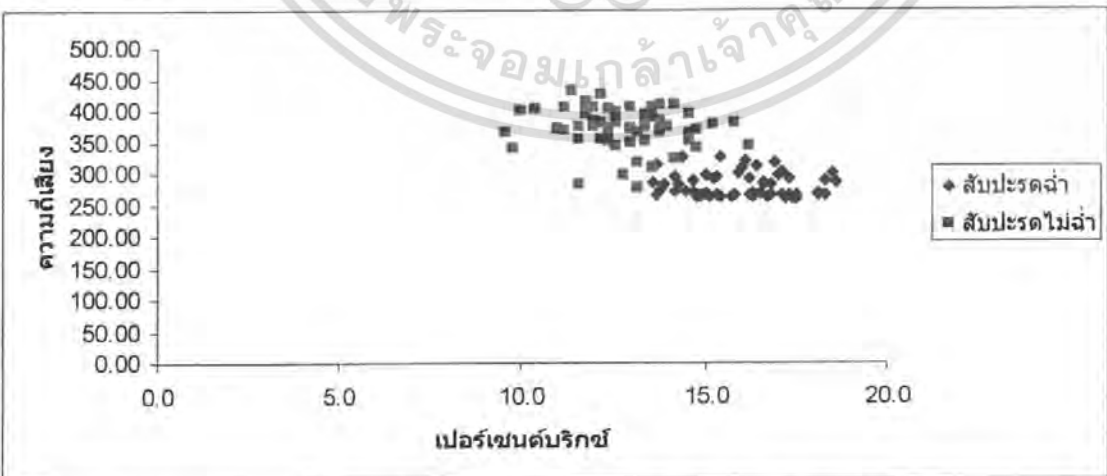
รูปที่ 31 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับความหนาแน่น ของสับปรดที่ดำ - ไม่ดำ
 การนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับค่าสีสว่าง (L) เนื้อในของสับปรอดที่น้ำ - ไม่น้ำ

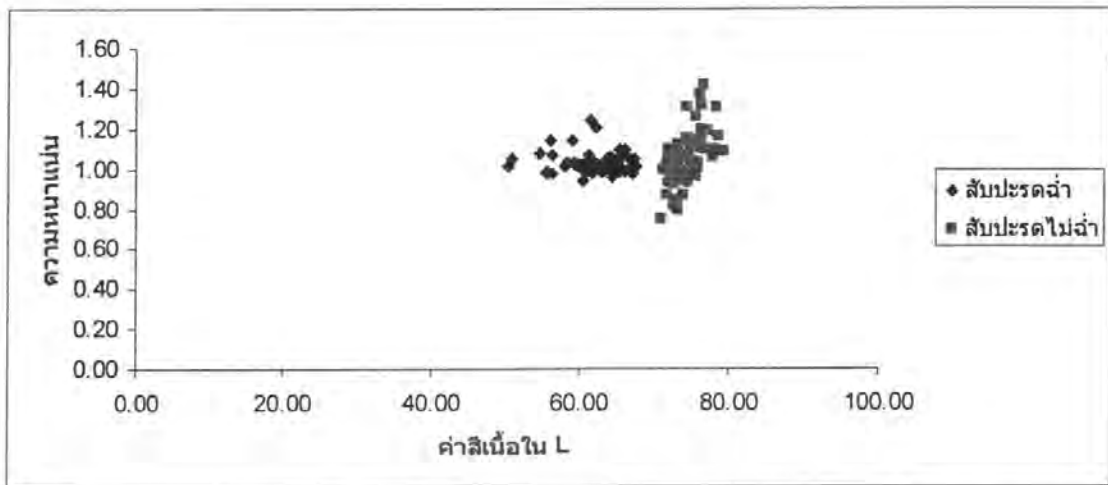


รูปที่ 33 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับค่าสีเขียว-แดง (a) เนื้อในของสับปรอดที่น้ำ - ไม่น้ำ

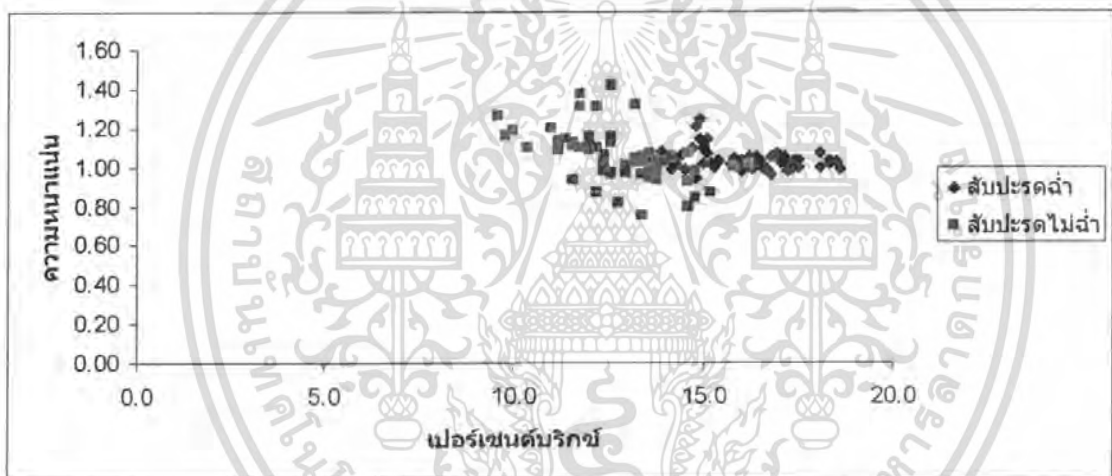


รูปที่ 34 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เสียงกับค่าเปอร์เซ็นต์บรีกซ์ ของสับปรอดที่น้ำ - ไม่น้ำ

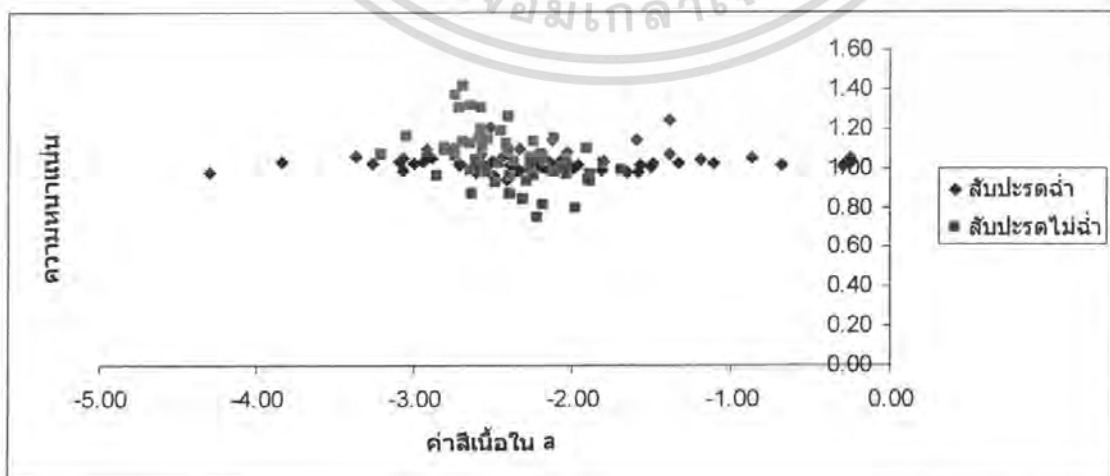
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าสีสว่าง (L) เนื้อใน ของสับประรดที่ฉ่ำ - ไม่ฉ่ำ



รูปที่ 36 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาตร ของสับประรดที่ฉ่ำ - ไม่ฉ่ำ



รูปที่ 37 : กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าสีเขียว-แดง (a) เนื้อในของสับประรดที่ฉ่ำ - ไม่ฉ่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5 คะแนนการวัดประสิทธิภาพของดัชนีความถี่สั้นพ้อง

ลำดับที่	สั้นประรดจ่า		ลำดับที่	สั้นประรดจ่า	
	หายถูก	หายผิด		หายถูก	หายผิด
1	-	1	26	1	-
2	1	-	27	1	-
3	-	1	28	1	-
4	-	1	29	1	-
5	1	-	30	1	-
6	1	-	31	1	-
7	-	1	32	1	-
8	-	1	33	1	-
9	1	-	34	1	-
10	-	1	35	1	-
11	1	-	36	1	-
12	1	-	37	1	-
13	1	-	38	1	-
14	1	-	39	1	-
15	1	-	40	1	-
16	1	-	41	1	-
17	1	-	42	1	-
18	-	1	43	1	-
19	1	-	44	1	-
20	-	1	45	1	-
21	1	-	46	1	-
22	-	1	47	1	-
23	-	1	48	1	-
24	1	-	49	1	-
25	1	-	50	1	-
รวม	15	10	รวม	25	-

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง
 หมายเหตุ: ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 คะแนนการวัดประสิทธิภาพของดัชนีความหนาแน่น

ลำดับที่	สัมประจักษ์		ลำดับที่	สัมประจักษ์	
	ท่ายถูก	ท่ายผิด		ท่ายถูก	ท่ายผิด
1	-	1	26	-	1
2	-	1	27	-	1
3	-	1	28	-	1
4	1	-	29	-	1
5	-	1	30	-	1
6	-	1	31	-	1
7	-	1	32	-	1
8	1	-	33	-	1
9	-	1	34	1	-
10	-	1	35	1	-
11	-	1	36	-	1
12	-	1	37	-	1
13	-	1	38	-	1
14	-	1	39	-	1
15	-	1	40	-	1
16	1	-	41	-	1
17	-	1	42	-	1
18	-	1	43	-	1
19	-	1	44	-	1
20	-	1	45	1	-
21	-	1	46	-	1
22	1	-	47	-	1
23	1	-	48	1	-
24	-	1	49	1	-
25	-	1	50	1	-
รวม	5	20	รวม	6	19

*1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง ทรัพยากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คะแนนการวัดประสิทธิภาพของดัชนีค่าสี่เนื้อภายใน (L)

ลำดับที่	สัมประรดจำ		ลำดับที่	สัมประรดจำ	
	ทายถูก	ทายผิด		ทายถูก	ทายผิด
1	-	1	26	1	-
2	1	-	27	-	1
3	-	1	28	1	-
4	1	-	29	1	-
5	1	-	30	1	-
6	1	-	31	1	-
7	1	-	32	1	-
8	1	-	33	1	-
9	1	-	34	1	-
10	1	-	35	1	-
11	1	-	36	1	-
12	1	-	37	-	1
13	1	-	38	-	1
14	1	-	39	1	-
15	1	-	40	1	-
16	1	-	41	1	-
17	1	-	42	1	-
18	1	-	43	1	-
19	1	-	44	1	-
20	1	-	45	1	-
21	1	-	46	1	-
22	-	1	47	1	-
23	1	-	48	1	-
24	1	-	49	1	-
25	1	-	50	1	-
รวม	22	3	รวม	22	3

* 1 คือ สามารถคิดแยกได้ถูกต้อง
 * 1 คือ สามารถคิดแยกได้ถูกต้อง หมายความว่ากรณีนี้นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 คะแนนการวัดประสิทธิภาพของดัชนีค่าสี่เนื้อ (a) ของสัปดาห์

ลำดับที่	สัปดาห์		ลำดับที่	สัปดาห์	
	หายถูก	หายผิด		หายถูก	หายผิด
1	-	1	26	-	1
2	-	1	27	-	1
3	-	1	28	-	1
4	-	1	29	-	1
5	-	1	30	-	1
6	-	1	31	-	1
7	-	1	32	-	1
8	-	1	33	-	1
9	1	-	34	-	1
10	1	-	35	-	1
11	-	1	36	-	1
12	-	1	37	-	1
13	-	1	38	-	1
14	-	1	39	-	1
15	1	-	40	-	1
16	-	1	41	-	1
17	-	1	42	-	1
18	-	1	43	-	1
19	-	1	44	-	1
20	-	1	45	-	1
21	-	1	46	1	-
22	-	1	47	1	-
23	1	-	48	-	1
24	-	1	49	-	1
25	-	1	50	-	1
รวม	4	21	รวม	2	23

* 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง
 เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 คะแนนการวัดประสิทธิภาพของดัชนีค่าเปอร์เซ็นต์บริษัท

ลำดับที่	สับประรดจำ		ลำดับที่	สับประรดจำ	
	หายถูก	หายผิด		หายถูก	หายผิด
1	-	1	26	-	1
2	-	1	27	1	-
3	-	1	28	1	-
4	-	1	29	-	1
5	-	1	30	-	1
6	-	1	31	-	1
7	-	1	32	-	1
8	-	1	33	-	1
9	1	-	34	-	1
10	-	1	35	-	1
11	-	1	36	-	1
12	-	1	37	-	1
13	-	1	38	1	-
14	-	1	39	1	-
15	-	1	40	-	1
16	-	1	41	1	-
17	1	-	42	1	-
18	-	1	43	-	1
19	-	1	44	-	1
20	-	1	45	-	1
21	-	1	46	-	1
22	-	1	47	1	-
23	-	1	48	-	1
24	-	1	49	1	-
25	-	1	50	-	1
รวม	2	23	รวม	8	17

เอกสาร 1 คือ สามารถคัดแยกได้ถูกต้อง
 ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้