เครื่องวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายโดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ

NONDESTRUCTIVE MATURITY DETECTOR OF FRUITS BY USING KNOCK-SOUND PROCESSING

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ธีรพล ผลิตวานนท์
พีรพงษ์ สมบุญยอด
วารุณี บัณฑิตย์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2551

เครื่องวัดระดับความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ

NONDESTRUCTIVE MATURITY DETECTOR OF FRUITS

BY USING KNOCK-SOUND PROCESSING

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ธีรพล ผลิตวานนท์

พีรพงษ์ สมบุญยอด

วารุณี บัณฑิตย์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2551

NONDESTRUCTIVE MATURITY DETECTOR OF FRUITS
BY USING KNOCK-SOUND PROCESSING

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

TEERAPON PALITWANON
PEERAPONG SOMBOONYOD
WARUNEE BUNDIT

AN ENGINEERING PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

REQUIREMENTS FOR THR DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

BURAPHA UNIVERSITY 2008

หัวข้อโครงงาน	เครื่องวัดความสุกของทุเรียนแบบไม่ทำลายโดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ
โดย	นายธีรพล ผลิตวานนท์
	นายพีรพงษ์ สมบุญยอด
	นางสาววารุณี บัณฑิตย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.มนตรี โพธิโสโนทัย
จำนวนหน้า	77 หน้า
ปีการศึกษา	2551

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติโครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นหลักสูตรของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

....ประธานกรรมการสอบโครงงาน
(อาจารย์ บัณฑร จิตต์สุภาพ)

....กรรมการสอบโครงงาน
(อาจารย์ ดร. เฉลิมภัณฑ์ ฟองสมุทร)

....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. มนตรี โพธิโสโนทัย)

....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

ประเทศไทยสามารถส่งออกผลผลิตทางการเกษตรได้เป็นจำนวนมาก การส่งออกนั้นจำเป็นต้องมีการคัดคุณภาพของผลไม้ ซึ่งต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการคัดคุณภาพ ผู้ที่ไม่มีความชำนาญจะไม่สามารถคัดแยกความสุกดิบของผลไม้ได้ โครงงานจึงนี้เสนอการวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ เครื่องเคาะที่ได้ออกแบบนี้สามารถกำหนดขนาดของแรงในการเคาะและตำแหน่งในการเคาะที่คงที่ สัญญาณเสียงที่ได้จะถูกบันทึกผ่านคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเพื่อนำไปประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลดิจิตอล ในการทดลองบทความนี้ได้เลือกใช้อัตราการสุ่มข้อมูลด้วยความเร็ว 44,100 เฮิรตซ์ ระดับความละเอียด 16 บิต ขนาดความยาวของข้อมูล 4,096 จุด ข้อมูลจะถูกประมวลผลด้วยเทคนิคการการแบ่งช่วงย่อยแบบหน้าต่าง(Windowing)ขนาด 128 จุด โดยแต่ละช่วงย่อยจะถูกทำการประมวลผลด้วยวิธีการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมด 32 จุดต่อการเคาะหนึ่งครั้ง จากนั้นข้อมูลที่ได้จะถูกแสดงในรูปฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น(Probability Density Function) เพื่อกำหนดค่าสำหรับตัดสินใจระดับความสุกของผลไม้ ขั้นตอนการทดลองงานวิจัยนี้ได้เลือกทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคาะกับผลไม้สองชนิด คือ สัปปะรดและทุเรียนพันธุ์หมอนทอง จากผลการทดลองพบว่าเครื่องสามารถคัดแยกระดับความสุกของผลไม้โดยผลความถูกต้องเฉลี่ย 89.6 เปอร์เซ็นต์ สัปปะรดได้ 95.0 เปอร์เซ็นต์ ทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0กก.ได้ 85.0 เปอร์เซ็นต์ และทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5กก.ได้ 88.7 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การวัดแบบไม่ทำลาย, สัญญาณเสียงเคาะ, การหาความสุกดิบของผลไม้, การประมวลผลสัญญาณเสียง

ABSTRACT

Thailand is the land of agricultural products in which the quality of fruit is importance for product grading. Since the knocking method is traditional knowledge of Thai people for long time, this method can be able to check whether the fruit is maturity or immaturity by hearing the knocked sound. However, this method requires more experience and only experts can do. This project proposes a simple nondestructive method for determining maturity of fruits by using knock-sound processing. The basic idea of the proposed method is on the basis of a force and position for knocking can be set. Based on this assumption, we can design automatic machine for knocking the fruit in which the acoustic sound is processed by computer automatically. To process such sound of knocking, the recorded sound was converted to the digitized signal at sampling rate of 44,100 Hz with 16-bit resolution and a total length of whole sampling 4,096 points. The sampled data will be processed as a small segment or called windowing technique. To determine the rate of change, we proposed 128-point windowing technique with computation of standard deviation (SD) value. This process is repeated over total length of data therefore we then obtain 32 points per a time of knocking. We can specific threshold value between maturity and immaturity of fruit by applying probability density function (PDF) of the distribution of SD values. In the experiment, this project selected pineapples and durians (of "Monthong" variety) for showing the effectiveness of our method. The proposed method can be able to classify the maturity of fruits by the average rates of 89.6%, 95.5% for pineapples, 85.0% for durians 3.5 - 4.0 kg. and 88.7% for durian 4.0 - 4.5kg.

Keywords: Nondestructive method, knocking method, fruit maturity, acoustic sound processing

Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.มนตรี โพธิโสโนทัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำโครงงานมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงงานทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

คณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบพระคุณในความกรุณาจากคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแก่โครงงาน อีกทั้งภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ความเกื้อหนุนเรื่องสถานที่และอุปกรณ์ในการทำโครงงานไว้ ณ ที่นี้ด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
กิตติกรรมประกาศ	iv
สารบัญ	v
สารบัญรูป	vii
สารบัญตาราง	x
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน	2
1.4 แผนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎี	6
2.1.1 ทฤษฎีทางด้านฮาร์ดแวร์	6
2.1.2 ทฤษฎีทางด้านซอฟต์แวร์	10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	17
3.1 แนวคิดและหลักการ	17
3.2 การออกแบบโครงงาน	18
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
4.1 วิธีการทดลอง	34
4.1.1 วิธีการทางฮาร์ดแวร์	34
4.1.2 วิธีการทางซอฟต์แวร์	35
4.2 การทดลอง	35
4.3 ผลการทดลอง	47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและอภิปรายการทดลอง.. 54

5.1 สรุปผลการทดลอง.. 54

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข.. 54

เอกสารอ้างอิง.. 58

ภาคผนวก.. 60

ภาคผนวก ก ขั้นตอนการใช้เครื่องเคาะผลไม้และโปรแกรม FMD Software version 1.0.. 61

ประวัติผู้ทำโครงงาน.. 77

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส..	6
2.2	วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge..	7
2.3	สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)..	8
2.4	การสุ่มตัวอย่าง (sampling)..	8
2.5	ไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ PIC18F4550..	9
2.6	ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นประมาณจากกราฟฮิสโตแกรม.....................	10
2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสุกของผลไม้..	11
3.1	งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลาย.....................................	17
3.2	หลักการทำงานของเครื่องเคาะผลไม้..	18
3.3	โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องวัดความสุกของผลไม้.....................................	19
3.4	เปรียบเทียบลักษณะเนื้อของสับปะรดดิบและสุก..	20
3.5	การเปลี่ยนแปลงโพรงอากาศในทุเรียนดิบและสุก..	20
3.6	ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์..	22
3.7	วงจรภาครับสัญญาณ...	23
3.8	วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non–Inverting Amplifier)......................................	23
3.9	วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge	25
3.10	ตัวอย่างสัญญาณ PWM ที่อ่านได้จาก PIC18F4550 (Duty cycle = 49.8% Pulse width = 340 μs)..	28
3.11	โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของเครื่องวัดความสุกของผลไม้......................................	30
3.12	หน้าต่างโปรแกรม FMD ที่พัฒนาขึ้นมา...	31
4.1	การติดตั้งเครื่องเคาะผลไม้...	35
4.2	สัญญาณเสียงที่แกนกลางอยู่ที่ศูนย์ของสับปะรด..	37
4.3	สัญญาณเสียงที่จัดรูปแบบบรรทัดฐานของสับปะรด...	37
4.4	ค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียงของสับปะรด..	38
4.5	การผ่านกระบวนการตัดสินใจของสัญญาณเสียงของสับปะรด.................................	38
4.6	กำหนดความยาวของสัญญาณเสียงของสับปะรด..	39
4.7	การแบ่งช่วงของสัญญาณเสียงของสับปะรด..	39
4.8	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบ.......................................	40
4.9	การแบ่งช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 ช่วง ช่วงละ 0.1 ของสัญญาณเสียงสับปะรดดิบ..	40
4.10	ค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงสับปะรดดิบ..................	41

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	สัญญาณเสียงที่แกนกลางอยู่ที่ศูนย์ของทุเรียน	42
4.12	สัญญาณเสียงเคาะของทุเรียนที่ได้จัดรูปแบบบรรทัดฐาน	43
4.13	ค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียงของทุเรียน	43
4.14	การผ่านกระบวนการตัดสินใจของสัญญาณเสียงของทุเรียน	44
4.15	กำหนดความยาวของสัญญาณเสียงของทุเรียน	44
4.16	การแบ่งช่วงของสัญญาณเสียงของทุเรียน	45
4.17	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงของทุเรียนดิบ	45
4.18	การแบ่งช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 ช่วง ช่วงละ 0.1 ของสัญญาณเสียงทุเรียนดิบ	46
4.19	ค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงทุเรียนดิบ	46
4.20	ตัวอย่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบ 10 ครั้ง ที่ตำแหน่งและแรงคงที่	47
4.21	เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสับปะรดดิบและสุก	48
4.22	เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสับปะรดดิบและสุก	48
4.23	ช่วงการตัดสินใจช่วงที่ 9 และ 10 ของสับปะรด	49
4.24	ตัวอย่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงทุเรียน 10 ครั้ง ที่ตำแหน่งและแรงคงที่	50
4.25	เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงทุเรียนดิบและสุก	50
4.26	เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างทุเรียนดิบและสุก	51
4.27	ช่วงการตัดสินใจช่วงที่ 9 และ 10 ของทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก.	52
4.28	ช่วงการตัดสินใจช่วงที่ 9 และ 10 ของทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก.	52
5.1	ช่วงการตัดสินใจความสุกดิบของสับปะรดและค่าคลาดเคลื่อน	55
5.2	ช่วงการตัดสินใจความสุกดิบของทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. (เกรด A)	55
5.3	ช่วงการตัดสินใจความสุกดิบของทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. (เกรด B)	56
ก.1	การติดตั้งเครื่องเคาะและส่วนจับยึด	61
ก.2	การต่อแหล่งจ่ายไฟกับเครื่องเคาะที่ออกแบบ	62
ก.3	การเชื่อมต่อสายไมโครโฟนรับเสียงระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องเคาะ	62
ก.4	การต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS232 ระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องเคาะ	63
ก.5	การจับยึดก้านผลไม้ด้วยแขนจับยึดที่ออกแบบ	63
ก.6	การปรับระดับความสูงของผลไม้ที่แขนจับยึด	64
ก.7	วัดระดับความสูงของผลไม้ให้กลางผล(กลางพลู)อยู่ตำแหน่งเดียวกับไม้เคาะ	64
ก.8	หมุนไม้เคาะกลับมาตำแหน่งเริ่มต้น	65
ก.9	เปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟ	65

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก.10	หน้าต่างสร้าง GUI	66
ก.11	เลือกโปรแกรมในการประมวลผล durian.fig	67
ก.12	หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบ	67
ก.13	โปรแกรม FMD ที่ออกแบบ	68
ก.14	เลือกผลไม้บนหน้าต่างโปรแกรม	68
ก.15	เลือกน้ำหนักของผลไม้	69
ก.16	เลือกวิธีการประมวลผล	69
ก.17	ปุ่มประมวลผล	70
ก.18	ปุ่มเรียกดู	70
ก.19	ปุ่มบันทึก	71
ก.20	ปุ่มเล่น	71
ก.21	ปุ่มพร้อมบันทึกเสียง	72
ก.22	ปุ่มเคาะบนเครื่องเคาะ	72
ก.23	แสดงสัญญาณเสียงบนหน้าต่างโปรแกรม	73
ก.24	แสดงผลการประมวลสัญญาณเสียงเคาะ	73
ก.25	ผลการวัดระดับความสุกดิบเป็นดิบ	74
ก.26	ผลการวัดระดับความสุกดิบเป็นสุก	74
ก.27	ผลการวัดระดับความสุกดิบเป็นกึ่งสุกกึ่งดิบ	75
ก.28	แสดงผลการวัดระดับความสุกดิบบนเครื่องเคาะด้วยหลอด LED	75
ก.29	การปิดโปรแกรม	76

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินงาน.. 4
3.1 รายละเอียดส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์.. 22
3.2 อุปกรณ์ในวงจรขยายสัญญาณเสียง.. 24
3.3 การทำงานของมอเตอร์.. 25
3.4 อุปกรณ์ในวงจร H-Bridge... 27
4.1 ข้อมูลชนิดของผลไม้ที่ทำการทดลอง... 36
4.2 ข้อมูลของสับปะรดที่ทำการทดลอง.. 36
4.3 ข้อมูลของทุเรียนที่ทำการทดลอง... 41
4.4 การแบ่งเกรดของทุเรียนในการทดลอง.. 42
4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทดลอง....................................... 53
5.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเมื่อทำการปรับปรุงแล้ว................................. 57

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่อาศัยการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรเพื่อนำรายได้เข้าสู่ประเทศจำนวนมาก เช่น สับปะรด, ทุเรียน ที่มียอดการส่งออกในอันดับต้นๆของประเทศ สามารถส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น สิงคโปร์ ไต้หวัน จีน ยุโรป ตะวันออกกลาง และอเมริกา ในปี พ.ศ.2549 มีปริมาณการส่งออกรวมกันถึง 155,087ตัน หรือ มูลค่าประมาณ 3,263.96 ล้านบาท[1] อย่างไรก็ตามผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมักมีปัญหา เมื่อผลไม้ที่ซื้อมามีคุณภาพด้อยกว่าที่ควร อันเนื่องมาจากการตัดผลไม้ดิบปะปนมากับผลไม้ดี การใช้สารเคมีเพื่อเร่งการสุก ความแห้งแล้งในช่วงการเก็บเกี่ยว ซึ่งต้องทำให้มีการเกี่ยวผลไม้ขณะที่ยังดิบ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการส่งออกผลไม้มากขึ้นเรื่อยๆ เกิดการปะปนของผลไม้ ทำให้ช่างต่างชาติไม่พอใจและกดราคาลง ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศ จึงต้องมีการคัดคุณภาพของผลไม้แบบไม่ทำลาย ให้มีคุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาด ซึ่งสิ่งที่บ่งชี้ถึงคุณภาพนั้นได้แก่ ลักษณะผล สี น้ำหนัก ความแก่ของผลไม้ นอกจากนี้การคัดคุณภาพของผลไม้ในด้านความสุกนั้นยังสามารถใช้การเคาะที่ผลได้ วิธีนี้ต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์และผู้ที่มีความชำนาญเท่านั้นจึงจะสามารถแยกแยะความสุกได้

จากปัญหาข้างต้นจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายโดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะด้วยเครื่องเคาะอัตโนมัติ ที่สามารถเพิ่มความสะดวกในการวัดความสุกของผลไม้และช่วยให้ผู้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญสามารถแยกแยะความสุกของผลไม้ได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อนำผลงานที่ได้ไปช่วยเพิ่มความสะดวกในการวัดความสุกของผลไม้สำหรับผู้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญในการคัดแยกความสุกของผลไม้

1.2.2 เพื่อนำผลงานที่ได้ไปช่วยพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการตรวจสอบความสุกของผลไม้

1.2.3 เพื่อนำผลงานที่ได้ไปช่วยลดต้นทุนการผลิตเครื่องตรวจสอบความสุกของผลไม้

1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ความรู้ด้านวิศวกรรมกับงานเกษตรกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 การทดสอบทุเรียนใช้พันธุ์หมอนทองขนาดที่ใช้ในการส่งออก น้ำหนัก 3.5 - 4.5 กก. และสับปะรด น้ำหนัก 1.0 – 2.0 กก.

1.3.2 สามารถแสดงค่าความสุกของผลไม้ที่ทดสอบได้

1.3.3 เป็นเครื่องต้นแบบในการวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายโดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.4 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.ค้นหาปัญหาและศึกษาหัวข้อที่สนใจเพื่อจัดทำโครงงาน

2.วางแผนการดำเนินงาน

3.สืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูล

4.นำเสนอหัวข้อโครงงาน

5.ออกแบบอุปกรณ์สำหรับใช้เคาะผลไม้

6.เก็บตัวอย่างสัญญาณเสียงเคาะทุเรียนและสับปะรดเพื่อศึกษาและวิเคราะห์สัญญาณเสียงเคาะว่าผลไม้สุกและดิบมีความแตกต่างกันอย่างไร

7.เก็บตัวอย่างทุเรียนและสับปะรด โดยคัดเลือกผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองน้ำหนัก 3.5 – 4.5 กิโลกรัม สับปะรด น้ำหนัก 1.0 – 2.0 กิโลกรัม

8.ออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ในการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ

9.ทดสอบและแก้ไขโปรแกรมที่ได้ออกแบบ

10.เก็บผลการทดลอง เพื่อวัดประสิทธิภาพของเครื่องวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายโดยใช้การประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ

11.วิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง

12.เขียนข้อเสนอแนะและสรุปผลการดำเนินงาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

เดือน	มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.			
ขั้นตอน	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1																																								
2																																								
3																																								
4																																								
5																																								
6																																								
7																																								
8																																								
9																																								
10																																								
11																																								
12																																								

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำเครื่องมือที่ได้ออกแบบไปใช้วัดความสุกของผลไม้ได้

1.5.2 สามารถนำเครื่องมือที่ได้ออกแบบไปช่วยให้ผู้ไม่มีความเชี่ยวชาญสามารถคัดแยกความสุกของผลไม้ได้

1.5.3 สามารถนำเครื่องมือที่ได้ออกแบบไปใช้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบ (prototype) ในการคัดแยกความสุกของไม้เพื่อส่งออก

1.5.4 คาดหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจได้พัฒนาต่อไปได้ในอนาคต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2

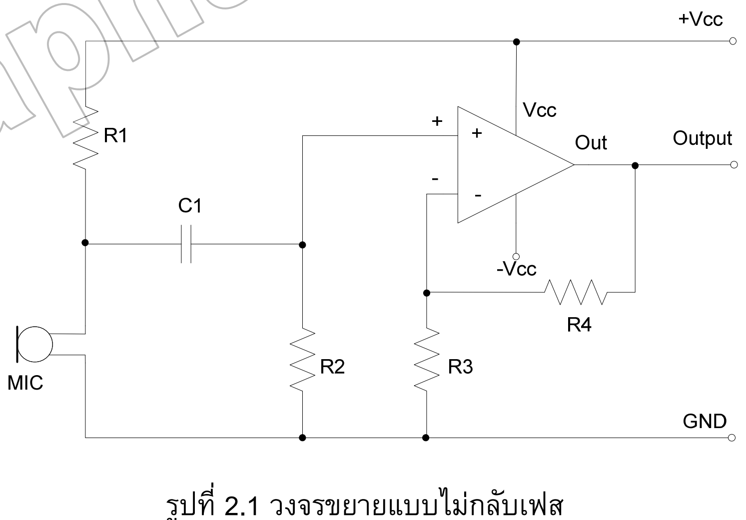
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ทฤษฎีทางด้านฮาร์ดแวร์

1. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non–Inverting Amplifier)

วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ซึ่งมีค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก(High input impedance) และอัตราขยายแรงดันของวงจรจะกำหนดด้วยค่าตัวต้านทาน โดยจะเท่ากับค่าอัตราส่วนระหว่าง ความต้านทาน สิ่งที่ทำให้วงจรนี้แตกต่างจากวงจรขยายชนิดกลับเฟสคือเอาท์พุตที่ได้จะมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต นอกจากนั้นวงจรนี้ยัง ให้ค่าความต้านทานอินพุตสูงมากในขณะที่อินพุตอยู่ในสภาวะปกติ ดังนั้นการป้อนสัญญาณอินพุตที่มีเฟสเหมือนเดิมในวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (ขา +) ซึ่งเมื่อขยายออกที่เอาต์พุตแล้วจะลดอัตราการขยายจึงยังคงต้องป้อนไปยังขาอินเวอร์ติง(Inverting) (ขา -) เพื่อให้เกิดการหักล้างของสัญญาณกันภายในตัวไอซีออปแอมป์(Operating Amplifier : Op-Amp) วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงเคาะผลทุเรียน เพื่อให้ระดับสัญญาณที่ได้อยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การประมวลผล [8]

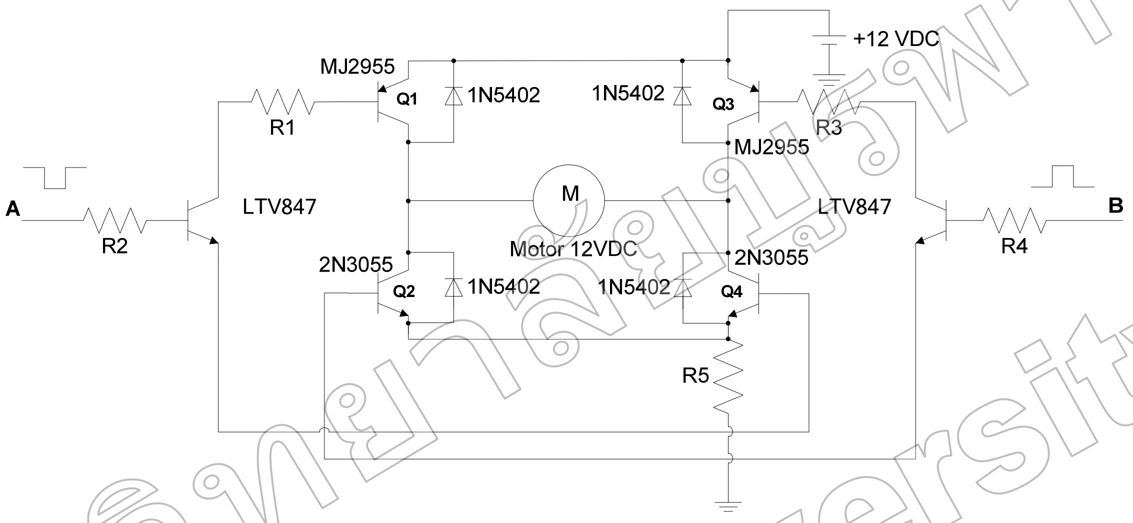


รูปที่ 2.1 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

ใช้ในการขับมอเตอร์กระแสตรงให้หมุนสองทิศทางสามารถทำได้โดยกลับทิศทางของขั้วบวกและลบของดีซีมอเตอร์ [9] โดยวงจรนี้จะถูกใช้ในการขับมอเตอร์ให้หมุนไปตีทุเรียนให้เกิดเสียงและหมุนกลับมาเพื่อรอการสั่งให้ตีใหม่อีกครั้ง

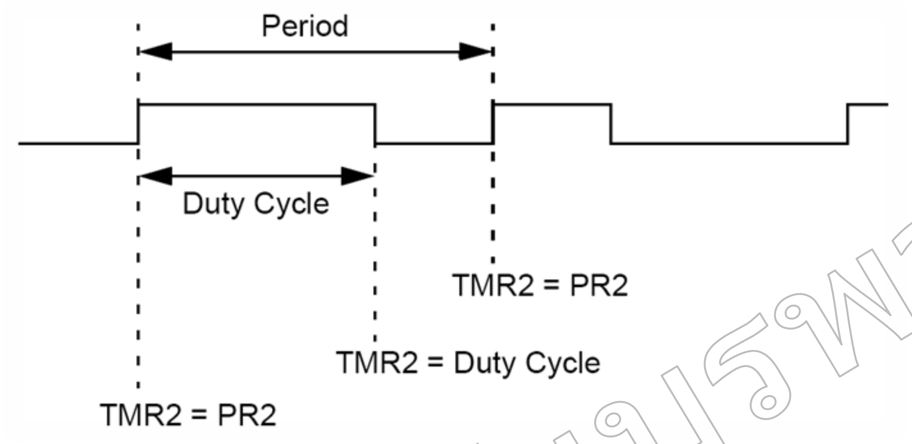


รูปที่ 2.2 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

3. Pulse Width Modulation (PWM)

การสร้างสัญญาณ PWM นั้นสามารถสร้างได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์วิธีการคำนวณความกว้างของสัญญาณPWM ซึ่งจะถูกใช้เป็นข้อมูลที่จะใช้เขียนโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรเลอร์สร้างสัญญาณPWMออกมา โดยในการคำนวณความกว้างของสัญญาณPWMนี้ได้มาจากการพิจารณาวิธีการสร้างสัญญาณPWMจากการเปรียบเทียบสัญญาณ sample-hold modulating signal กับ triangular wave ในการสร้างสัญญาณPWMนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ให้ อัตราส่วนของแรงดันกับความถี่มีค่าคงที่ ซึ่งจะนำมาใช้ในการกำหนดแรงที่ใช้ตีผลทุเรียนด้วยการควบคุมความเร็วมอเตอร์ [10]

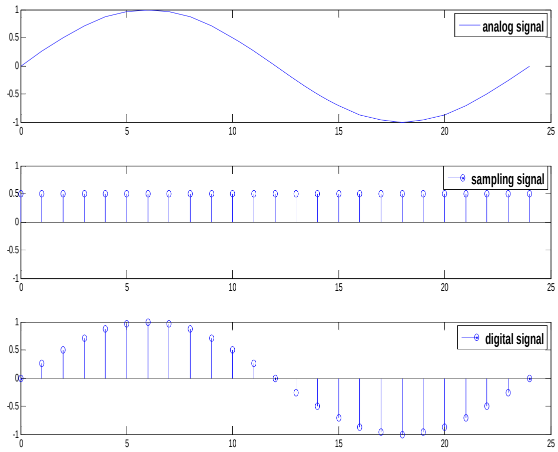
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.3 สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)

4. การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog-to-Digital Conversion)

เป็นการศึกษาการประมวลผลสัญญาณที่อยู่ในรูปดิจิตอล (digital) สัญญาณที่พิจารณา แต่โดยทั่วไปสัญญาณเหล่านี้จากแหล่งกำเนิดจะอยู่ในรูปเดิมที่เป็นอนาล็อก(Analog) สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะต้องผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog-to-Digital Conversion - ADC) หรือการดิจิไทซ์ (digitization) ซึ่งประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่าง (sampling) เป็นวิธีการวิเคราะห์สัญญาณ (เช่น เสียงหรือภาพ) และเปลี่ยนสัญญาณเหล่านั้นเพื่อสร้างลักษณะพิเศษตามที่ต้องการ [11] เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่ได้จากการเคาะผลทุเรียน (สัญญาณอนาล็อก) ให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล ซึ่งในโครงงานนี้ใช้การ์ดเสียง (sound card) รุ่น Intel(r)82801AA AC'97 Audio Controller เพื่อช่วยในการแปลงสัญญาณเสียงอนาล็อกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 2.4 การสุ่มตัวอย่าง (sampling)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

โครงงานนี้ได้เลือกไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ PIC18F4550 เพื่อใช้สำหรับผลิตสัญญาณ PWM, แสดงค่าการวิเคราะห์, และรับส่งสัญญาณควบคุมระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งคุณสมบัติเด่นของ PIC18F4550 ก็คือเรื่องของความเร็วในการสื่อสารข้อมูล และ ความสะดวกในการเชื่อมต่อใช้งานได้หลากหลาย [13] [14]

รูปที่ 2.5 ไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ PIC18F4550

คุณสมบัติของ PIC18F4550

- ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC18F4550 ขนาด 40 PIN

- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 20 MHz สามารถใช้ได้ถึง 48 MHz

- ใช้แรงดันไฟ 5V

- สามารถติดต่อแบบ USB V2.0 ได้

- สร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ได้

- สามารถเปลี่ยนค่า Analog to Digital ได้

- พอร์ต I/O ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยพอร์ต A, B, C, D และ E

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2 ทฤษฎีทางด้านซอฟต์แวร์

(1) การหาลักษณะเด่น (Feature Extraction)

การหาลักษณะเด่น คือ ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของสัญญาณใดๆ เพื่อให้ง่ายต่อการแยกแยะหรือคัดแยก ในโครงงานนี้ขั้นตอนการคัดแยกความสุกของผลไม้นั้นจำเป็นต้องหาลักษณะเด่นของสัญญาณเสียงเคาะ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำเสนอวิธีการในการหาลักษณะเด่นของสัญญาณดังต่อไปนี้

(1.1) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : SD)

SD เป็นการวัดการกระจายทางสถิติที่เป็นปกติทั่วไป ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าต่างๆ ในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด หากข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางกลับกัน ถ้าข้อมูลแต่ละจุดอยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยเป็นส่วนมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่ามาก และเมื่อข้อมูลทุกตัวมีค่าเท่ากันหมด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือไม่มีการกระจายตัว สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2} \qquad 2.1$$

โดย σ คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน N คือจำนวนสมาชิกของเซตข้อมูล x_i คือ ข้อมูลในเซตแต่ละค่า $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล[15]

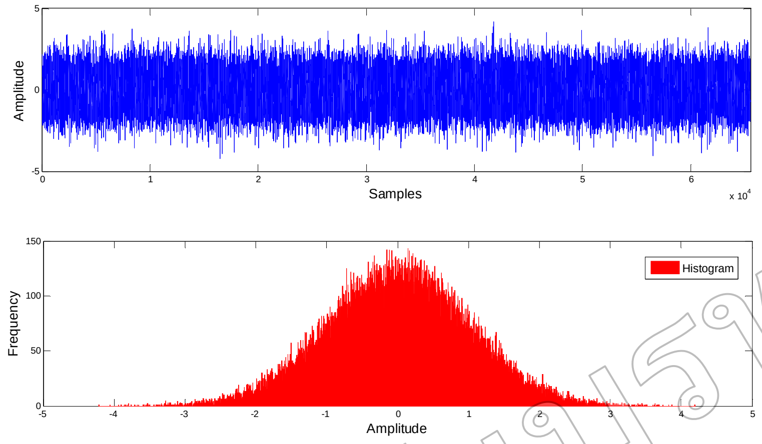
(2) การคัดแยก (Classification)

หลังจากได้ลักษณะเด่นของสัญญาณแล้วขั้นตอนนี้จะเป็นการคัดแยกเพื่อใช้ตัดสินใจว่าสัญญาณที่ได้จากการเคาะผลไม้นั้นบ่งชี้ความสุกของผลไม้ระดับใด โครงงานนี้ได้นำเสนอวิธีการทางสถิติดังนี้

(2.1) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function : PDF)

PDF เป็นฟังก์ชันที่แสดงให้เห็นถึงค่าความน่าจะเป็นของการกระจายในเทอมของการอินทิเกรต (integrate) โดยให้ความหนาแน่นของการกระจายมีความหนาแน่นเป็น f และ f ไม่อยู่ในช่วงลบและฟังก์ชันที่สามารถประมาณค่าด้วยการอินทิเกรตได้ ค่าความน่าจะเป็นสามารถหาได้จากการอินทิเกรตช่วง a ถึง b โดยให้ $\int_a^b f(x)dx$ โดยที่ a และ b จะเป็นค่าคงที่ใดๆ ผลการอินทิเกรตของ f ตลอดช่วง $+\infty$ ถึง $-\infty$ จะต้องเป็น 1 เสมอ ฟังก์ชัน PDF สามารถประมาณได้จากวิธีหาค่าฮิสโตแกรม (Histogram)[16]

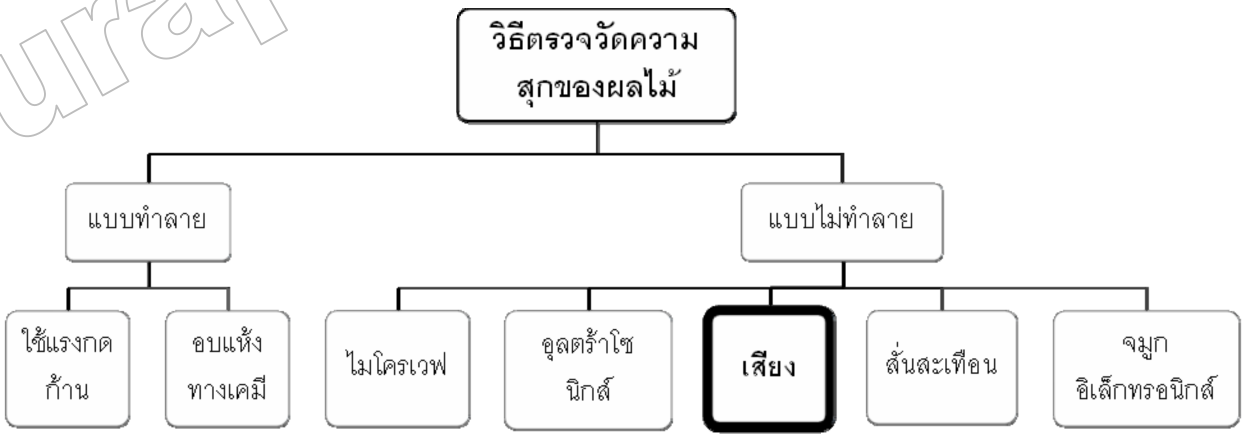
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นประมาณจากกราฟฮิสโตแกรม

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีตรวจวัดความสุกของผลไม้พบว่าแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แบบทำลายและแบบไม่ทำลาย ซึ่งวิธีการตรวจวัดแบบทำลายนั้นต้องผ่านกระบวนการที่ทำให้ผลไม้เสียรูปทรงไปจากเดิม เช่น การแกะ การกด การตัด เป็นต้น วิธีการนี้ไม่สามารถนำผลไม้ที่ผ่านการตรวจวัดความสุกแล้วไปใช้ในการรับประทานหรือนำไปจำหน่ายได้อีก จึงเลือกใช้วิธีการตรวจวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายซึ่งวิธีการนี้จะไม่ทำให้ผลไม้ที่ผ่านการตรวจวัดยังคงสภาพรูปทรงเดิม เช่น การเคาะ การสั่น การดม เป็นต้น ผลไม้ที่ผ่านวิธีการนี้สามารถนำไปรับประทานหรือจำหน่ายได้ โครงงานนี้ได้เลือกวิธีการตรวจวัดแบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสุกของผลไม้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.1 งานวิจัย : Pineapple Ripeness Assessment System Using an Electronic Nose and Neural Networks

ผู้วิจัย : S.Trirongjitmoah, A. Suriya, K. Jantacamut and M. Kuankru [2]

งานวิจัยนี้เสนอการวัดความสุกของสับปะรด ด้วย จมูกอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Nose) โดยใช้ 5 เซ็นเซอร์ ที่ใช้สำหรับตรวจจับก๊าซ ใช้ช่วงเวลาการทดลองตั้งแต่วันแรกที่เก็บผลผลิตจนถึงวันที่ 12 ขั้นตอนคือ นำสับปะรดใส่ในตู้ที่มีเซ็นเซอร์คอยตรวจจับก๊าซอยู่ 5 เซ็นเซอร์ คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งเจือปนในอากาศ ตรวจจับก๊าซที่ติดไฟง่าย ตรวจก๊าซเอทานอล แอลกอฮอล์ มีเทน จากนั้นจะนำค่าที่วัดได้จากค่าอนาล็อกมาแปลงให้เป็นดิจิตอล ด้วย การ์ด A/D และเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์ ก๊าซส่วนใหญ่ที่ได้คือ SnO_2 ซึ่งค่าความชื้นและอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อกระบวนการวัดนี้ และจะทำการวัดกลิ่นทุกๆวัน ตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งวันที่สับปะรดกินไม่ได้ ซึ่งจะมีช่วงเวลาประมาณ 12 วัน ทุกวันสับปะรดจะถูกวัดด้วยกระบวนการที่ใช้เซ็นเซอร์ และสับปะรดอีกส่วนถูกวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำลายสับปะรด และวันอื่นจะทำการเลือกสับปะรดให้สีและขนาดใกล้เคียงกัน จากการวัดค่าความแข็งจะเห็นว่า เมื่อมีระยะเวลาจากการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงก็จะลดลง และค่าแรงดันเอาท์พุตก็จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บเกี่ยว จากการทดลองสามารถทำนายจำนวนวันในการเก็บเกี่ยวได้ซึ่งจะมีค่าที่สามารถผิดพลาดได้โดย ±1 วัน โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ 40% และสามารถเพิ่มให้ถึง 83% ซึ่งจากผลการทดลองนี้เชื่อว่าจะสามารถใช้ประโยชน์ในการวัดระดับความสุกแบบอัตโนมัติที่จะไปแทนที่การใช้ความชำนาญได้ ค่าที่เกิดความผิดพลาดอาจขึ้นได้จาก ต้องมีการเลือกผลสับปะรดใหม่ทุกวันซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าได้

2.2.2 งานวิจัย : Investigation of change of exponential frequency index as related to durian maturity

ผู้วิจัย : A. Terdwongwarakul, W. Srichonpet, K. Poniyom and A. Sukchareon [3]

งานวิจัยนี้เป็นการวัดความสุกของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้ความถี่ธรรมชาติ (resonant frequency)เมื่อทำการทดลองพบว่าค่าดัชนีที่เหมาะสมคือ $\frac{2}{3}f^2\ln(m)$ f คือค่าความถี่, mคือน้ำหนัก เมื่อทุเรียนแก่มากขึ้นแนวโน้มดัชนีจะมีค่าลดลง และจะมีค่าเข้าใกล้ค่าค่าหนึ่งเมื่อแก่เต็มที่ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ นำเทคนิคการวัดความถี่ทางธรรมชาติ(resonant frequency)ของเสียงจากผลไม้มาใช้ทดสอบกับทุเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความถี่ธรรมชาติ(resonant frequency)กับอายุของทุเรียน ขณะพัฒนาจากทุเรียนอ่อนจนกระทั่งแก่บนต้น ในการวัดความสุกของทุเรียนจะใช้ไม้สำหรับเคาะเคาะบนผลทุเรียน เมื่อเสียงผ่านเข้าไปยังเครื่องวัดระดับเสียงจะเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าจากนั้นจะส่งไปยังเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ โดยจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบ Amplitude ratio จากผลการทดลองพบว่า ทุเรียนที่มีอายุเท่ากันแต่น้ำหนักต่างกันจะให้เสียงความถี่ทางธรรมชาติ(resonant frequency)ต่างกันด้วย โดยทุเรียนที่มีน้ำหนักเบาจะให้ความถี่ที่สูงกว่าทุเรียนน้ำหนักมาก และทุเรียนเมื่อมีอายุมาขึ้นความถี่ทางธรรมชาติ(resonant frequency)จะลดลงด้วย จากการทดลองยังไม่สามารถใช้

ค่า $\frac{2}{3} f^{2} \ln(m)$ เป็นเกณฑ์ได้ เนื่องจากจะต้องศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความแก่ของทุเรียนเพิ่ม เช่น ฤดูกาล การดูแลสวนทุเรียน เป็นต้น ก่อนที่จะสรุปผลและนำไปประดิษฐ์เครื่องมือวัดต่อไป

2.2.3 งานวิจัย : Nondestructive Maturity Determination of Durian by Force Vibration

ผู้วิจัย : S. Kongrattanaprasert, S. Arunrungrusmi, B. Pungsiri, K. Chomnongthai [4]

งานวิจัยนี้เป็นกระบวนการเพื่อวัดความสุกของทุเรียนแบบไม่ทำลายโดยใช้แรงสั่น(vibration)ซึ่งจะใช้เลเซอร์ดอบเปอร์ (laser Doppler) ยิงไปยังร่องหนามกลางลูกทุเรียน เพื่อหาความถี่ของการสั่น (frequency of vibration) ค่าคงที่ของความยืดหยุ่น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ของความแห้งต่อน้ำหนักของทุเรียน โดยใช้ความถี่ในการสั่น(frequency of vibration) ที่ 0-300Hz จากนั้นใช้เลเซอร์ดอบเปอร์(laser Doppler) วัดค่าการสั่นตอบสนองและค่าที่วัดได้จากเลเซอร์ดอบเปอร์(laser Doppler) จะถูกส่งไปยังวงจรขยายจากนั้นจะส่งต่อเข้าสู่ออสซิลโสโคปและส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและเปรียบเทียบกัน ซึ่งสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จะมีแอมพลิจูดและความถี่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจาก โพรงอากาศภายในระหว่างเปลือกและเนื้อของทุเรียน มวล และความแข็งของทุเรียน จะเห็นได้ว่าทุเรียนดิบนั้นจะมีแอมพลิจูดและความถี่สูงกว่าทุเรียนสุก เพราะมีความหนาแน่นและมีความแข็งมากกว่า จากการทดลองพบว่าการสั่นที่ความถี่ 30Hz จะได้ค่าเอาท์พุตที่ดีที่สุด สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของค่าที่วัดระหว่างทุเรียนสุกและดิบได้มากและชัดเจนที่สุด เมื่อความถี่ที่มากกว่า 45 Hz ขึ้นไปไม่สามารถเห็นความแตกต่างของทุเรียนดิบและสุกได้เลย จากการทดลองพบว่าอัตราเร็วของแรงสั่นมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนัก ซึ่งกระบวนการนี้ให้ค่าความแม่นยำถึง 80-90% จะเห็นได้ว่าเกิดความผิดพลาดได้ถึง 20% อาจเนื่องมาจากในกาทดลองด้วยแรงสั่น(vibration) เกิดจากขั้วของทุเรียนอาจหักไป แต่ละพูของทุเรียนอาจไม่สมบูรณ์ ในการทดลองด้านยิงเลเซอร์ดอบเปอร์(laser Doppler) เกิดจากร่องหนามของทุเรียนอาจแคบเกินไป

2.2.4 งานวิจัย : Nondestructive Maturity Determination of Durian by Using Microwave Moisture Sensing

ผู้วิจัย : T. Rutpralom, P. Kumhom and K. Chamnongthai [5]

งานวิจัยนี้เป็นการนำคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 3GHz มาช่วยในการวัดความชื้นของทุเรียนและนำไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักเพื่อวัดความสุกของทุเรียน โดยใช้เครื่องมือวัดที่ด้านหนึ่งปิดและมีด้านปลายเปิด(open-end coaxial probe) ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้สามารถค่าได้แม่นยำมากที่สุด ซึ่งจะนำเครื่องมือนี้ยิงรังสีไมโครเวฟ จะนำปลายของเครื่องมือสัมผัสกับบริเวณระหว่างร่องหนามกลางลูกทุเรียนโดยให้ถูกบริเวณที่มีผิวเรียบที่สุด ซึ่งบริเวณกลางลูกทุเรียนจะเป็นส่วนที่มีเปลือกบาง เมื่อยิงรังสีเข้าไปแล้วจะทะลุผ่านเปลือก โพรงอากาศ เนื้อทุเรียน และจะมีรังสีบางส่วนสะท้อนกลับมา จะใช้รังสีส่วนที่สะท้อนกลับมานี้มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสุกของทุเรียน จากการทดลองพบว่า ความถี่ที่คลื่นสามารถสะท้อนกลับมาได้ดีที่สุดอยู่ที่ 3GHz โดยการสะท้อนกลับของรังสีจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว และการสะท้อนกลับของรังสีก็จะมีค่าขึ้นอยู่กับความเรียบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ของผิวทุเรียนบริเวณที่นำเครื่องมือไปวัด ความหนาบางของเปลือกทุเรียน เป็นต้น จากการทดลองพบว่าเมื่อทุเรียนมีอายุมากขึ้น ความชื้นจะเพิ่มขึ้น การสะท้อนกลับของรังสีจะน้อยลง โดยสามารถนำค่ามาเปรียบเทียบความถูกต้องกับค่าเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักได้ ค่าที่เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นได้จากปลายเครื่องวัดนั้นถูกวัดในส่วนที่ทุเรียนมีเปลือกหนา

2.2.5 งานวิจัย : System Design of Durian Maturity Determination using Microstrip Patch Antennas

ผู้วิจัย : N. Kittiamornkul, K. Jiraseriamornkul, K. Chamnongthai, M. Krairiksh and K. Higuchi [6]

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่นำเสนอเกี่ยวกับการวัดความสุกของทุเรียนโดยใช้แผ่น Microstrip ส่งสัญญาณ โดยกระบวนการนี้จะใช้ลำแสงไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz เพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์การรับและการส่งของคลื่น ผลที่ได้จากการวัดจำนำมาเปรียบเทียบค่าความถูกต้องกับเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนัก กระบวนการนี้จะต้องปิดไม่ให้สามารถติดต่อกับสภาพแวดล้อมภายนอกได้ ขนาดของแผ่น Microstrip คือ 90x90x5 mm ทั้งตัวรับและตัวส่ง โดยจะส่งรังสีไมโครเวฟผ่านกึ่งกลางของลูกทุเรียน ซึ่งเครื่องมือสามารถปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับทุเรียนทุกขนาดและสามารถปรับให้ตำแหน่งแผ่นตัวรับและส่งอยู่ตรงกันได้ เมื่อส่งคลื่นไมโครเวฟไปแล้ว จะรับคลื่นกลับมาในรูปค่าแรงดันจากนั้นจะเปลี่ยนค่าให้อยู่ในรูปค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งและการสะท้อนกลับจากนั้นจะส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB การทดลองนี้ใช้ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 4 - 4.5 กก. และจะใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักเป็นค่าพื้นฐานในการเปรียบเทียบ จากการทดลองจะได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ เมื่อมากว่า 0.4 และเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักน้อยกว่า 30% หมายถึงทุเรียนดิบ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์น้อยกว่า 0.4 และเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักมากกว่า 30% นั่นหมายถึงทุเรียนสุก การทดลองนี้ค่าที่ได้จะแปรผันไปตามขนาดของทุเรียน และเมื่อค่าแรงดันเอาท์พุดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ค่าความแม่นยำของกระบวนการนี้อยู่ที่ 72.22% ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น เกิดได้จาก ทุเรียนไม่มีรูปทรงที่แน่นอน การส่งค่าไปและสะท้อนกลับในการวัด เพราะไม่มีข้อมูลในรูปดิจิตอล (digital data) ทำให้ค่าแรงดันที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ การส่งและการสะท้อนกลับเปลี่ยนไปอย่างมาก

2.2.6 งานวิจัย : A Study for Ripeness of Durian by Fast Fourier Transform (FFT)

ผู้วิจัย : S. Saimek, J. Nuadkum, W. Piyarat [7]

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวัดความสุกของทุเรียนพันธุ์ชะนีด้วยสัญญาณเสียงเคาะ โดยใช้สัญญาณการสั่นสะเทือนของเสียงเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งรับมาจากไมโครโฟน เสียงที่เกิดจากการเคาะทุเรียนนั้นจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ความถี่ของสัญญาณเสียงก็จะลดลง เนื่องมาจากเกิดช่องว่างระหว่างเนื้อทุเรียนและเปลือกมากขึ้น ความหนาแน่นของทุเรียนลดลง ขั้นตอนการทดลองคือเก็บสัญญาณเสียง ใช้ทฤษฎีการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) เข้ามาช่วย โดยใช้โปรแกรม MATLAB จากนั้นนำความถี่สูงสุดที่ได้มาวิเคราะห์แนวโน้มที่เกี่ยวข้องกับเวลา ซึ่งจะได้ว่าความถี่จะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น การทดลองนี้จะทำการวัด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สัญญาณเสียงตั้งแต่วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตจนกระทั่งสุก เพื่อดูสัญญาณเสียง ซึ่งจะมีสัญญาณรบกวนปะปนเข้ามาจึงมีกรกรองสัญญาณแบบตัดช่วงออกและใช้การแปลงเวฟเลต(wavelet) ในการกำจัดสัญญาณรบกวน เพื่อให้ได้สัญญาณที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ จากการทดลอง ช่วงค่าความถี่จะอยู่ในช่วง 40 - 400Hz ปัญหาที่เกิดขึ้นคือสัญญาณเสียงของทุเรียนดิบที่บันทึกได้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวนและการกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้เพียงส่วนหนึ่ง ซึ่งอาจจากตำแหน่งของการเคาะผลทุเรียนและแรงที่ใช้เคาะทุเรียน

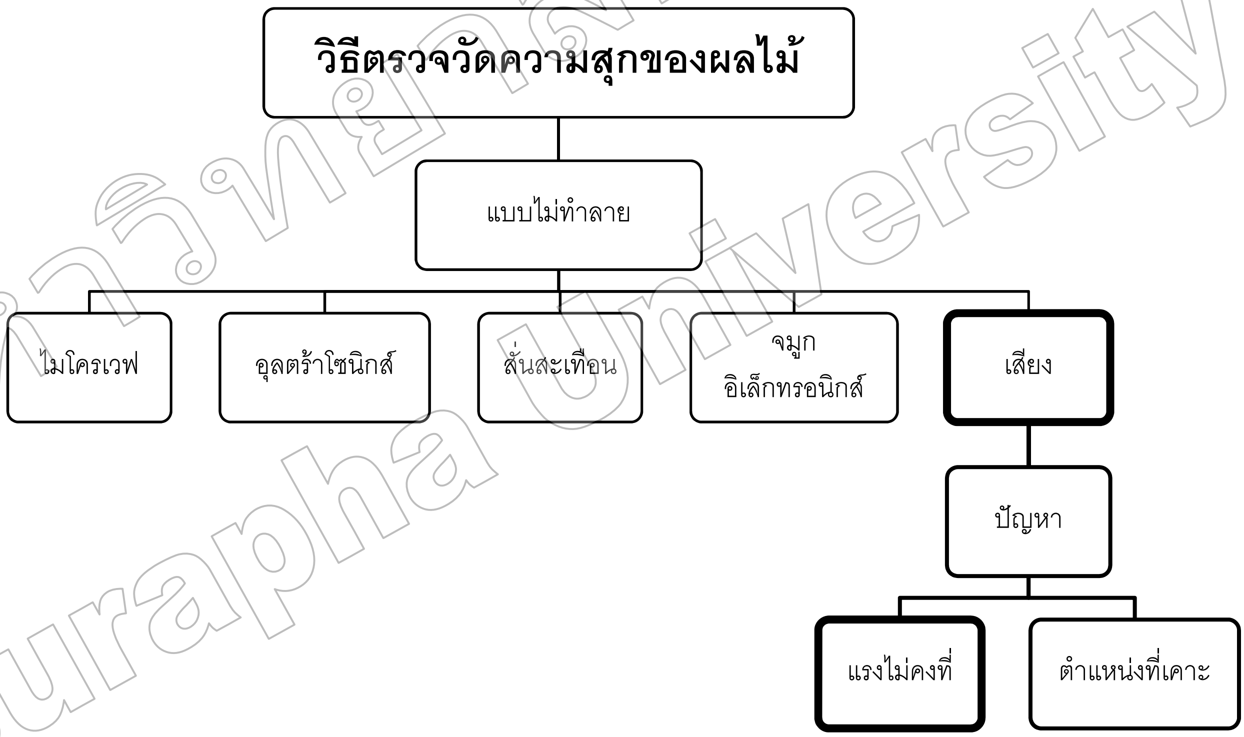
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แนวคิดและหลักการ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในการวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายนั้นสามารถใช้วิธีการวัดได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้คลื่นไมโครเวฟ ใช้คลื่นอุลตร้าโซนิกส์ ใช้วิธีการสั่นเทือน ใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้เสียง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลาย

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ต้องมีใช้ค่าใช้จ่ายมาก และการติดตั้งอุปกรณ์ที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน โครงงานนี้จึงมีแนวความคิดในการวัดความสุกของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยวิธีการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการวัดความสุกของผลไม้ที่สามารถทำได้ง่ายและการใช้งานได้โดยไม่ต้องมีความรู้เฉพาะด้าน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.1.1 ปัญหาเดิมที่พบ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การวิเคราะห์ความสุกของผลไม้รูปแบบนี้ยังพบปัญหาในการวิเคราะห์อยู่ กล่าวคือ ตำแหน่งที่ใช้ในการเคาะ เมื่อการเคาะในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ภายในลูกเดียวกันนั้นทำให้สัญญาณเสียงที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งเกิดจากรูปทรงที่ไม่แน่นอนของผลไม้นั้น และแรงที่ใช้ในการเคาะนั้นไม่คงที่ ซึ่งเกิดจากการเคาะด้วยมือเมื่อแรงที่ใช้ในการเคาะนั้นไม่คงที่แล้ว สัญญาณเสียงที่ได้ก็จะมีค่าที่แตกต่างกันด้วย

3.1.2 แนวคิด

1. โครงงานนี้จึงมีแนวคิดในการวัดค่าความสุกของผลไม้โดยให้สามารถกำหนดแรงที่ใช้ในการเคาะได้ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องแรงตีที่ได้จากมือที่แตกต่างกัน

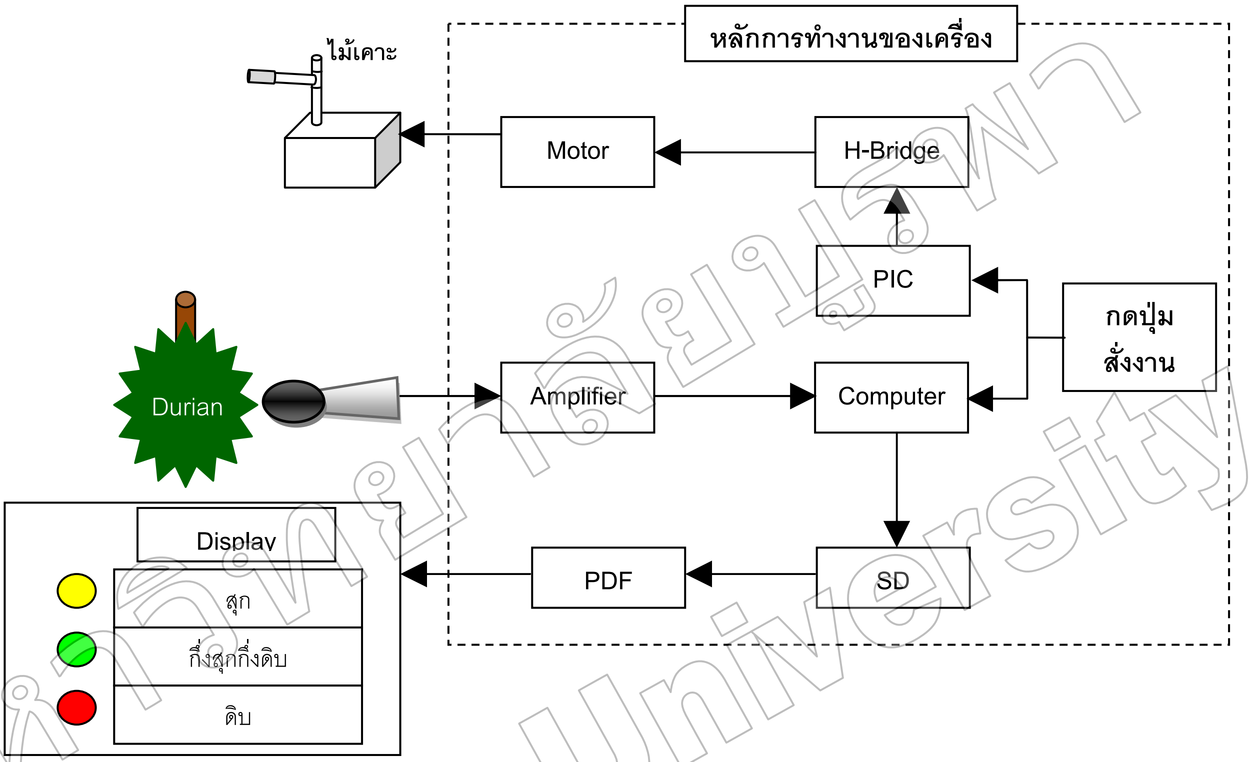
2. โครงงานนี้เสนอให้กำหนดตำแหน่งการตีที่กึ่งกลางลูก (กลางผล) เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าบริเวณกึ่งกลางผล จะเป็นบริเวณที่มีโพรงอากาศและมีเปลือกที่บางที่สุด จึงสามารถบ่งชี้ความสุกของผลไม้ได้ทั่วทั้งผล [5]

3. ในการประมวลผลสัญญาณความถี่ตอบสนองนั้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาใช้วิธี FFT ซึ่งวิธีนี้มีความซับซ้อน แต่โครงงานนี้เสนอการใช้การประมวลผลด้วยวิธี SD และ PDF ซึ่งจะกระทำ (implement) ด้วยตัวประมวลผลภายในคอมพิวเตอร์ที่ติดต่อกับเครื่องเคาะผลไม้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 การออกแบบโครงงาน

เครื่องเคาะผลไม้ของโครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หลักการทำงานของเครื่องเคาะผลไม้

หลักการทำงานของเครื่อง

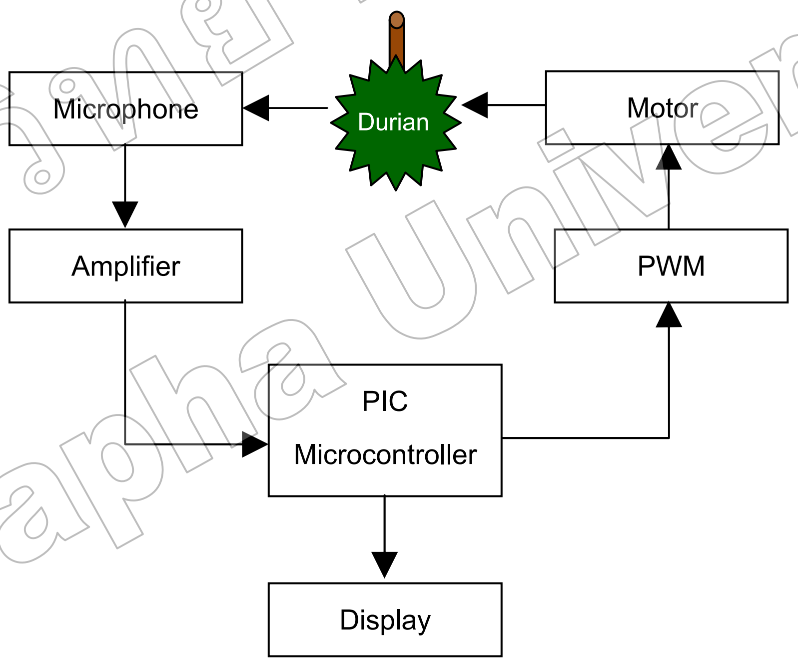
จากรูปที่ 3.2 โครงงานนี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ FMD Software Version 1.0 โดยสำหรับบันทึกเสียงและประมวลเสียงเคาะด้วยโปรแกรม MATLAB™ มีการออกแบบการใช้งานกับผู้ใช้แบบกราฟิก (Graphical User Interface) หรือที่เรียกกันว่า MATLAB GUI ที่ผู้ใช้สามารถใช้งานในการติดต่อ สั่งการโปรแกรมต่างๆได้ ในโครงงานนี้ผู้ใช้จะต้องกดเพื่อเลือกชนิดของผลไม้ น้ำหนักของผลไม้และกดปุ่มพร้อมในการรับสัญญาณเสียงจากเครื่องเคาะ นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์เพื่อคัดแยกความสุกดิบของผลไม้ด้วยวิธี SD และ PDF และแสดงผลการประมวลผลอีกด้วย

โครงงานนี้มีการพัฒนาเครื่องเคาะผลไม้ที่กำหนดตำแหน่งและแรงที่คงที่ โดยเริ่มแรกกดปุ่มพร้อมทำงานบนหน้าต่างโปรแกรม FMD ที่พัฒนาขึ้นมา จากนั้นกดปุ่มสั่งงานในการตีบนเครื่องเคาะ ซึ่งจะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้จ่ายสัญญาณ PWM ไปควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยส่งไปยังวงจร H-Bridge เพื่อให้มอเตอร์หมุนในทิศทางที่เคาะผลไม้ เมื่อไม้เคาะผลไม้แล้ว จะหมุนกลับโดยจ่าย PWM ให้วงจร H-Bridge อีกครั้งแต่กลับทิศทางกันอย่างอัตโนมัติ เมื่อไม้หมุนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จะมากระทบรีเลย์ทำให้รีเลย์ส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์หยุดในตำแหน่งเริ่มต้น เสียงที่ได้จากการเคาะผลไม้นั้นจะเข้าไปยังไมโครโฟนรับเสียงเข้ามายังวงจรขยายสัญญาณเสียง และส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ประมวลผลแบบ SD เพื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อดูว่าค่าที่ได้มามีค่าเบี่ยงเบนสูงหรือต่ำ นอกจากนั้นจะประมวลค่าที่ได้ด้วย PDF เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของความหนาแน่นของความถี่เสียงที่ช่วงค่า SD ต่างๆ เพื่อหาความแตกต่างของเสียงอีกแบบหนึ่งด้วย เมื่อประมวลผลโดยการเปรียบเทียบข้อมูลของเสียงของผลไม้ดิบและสุกจากข้อมูลที่เก็บไว้แล้ว จะแสดงว่าผลไม้ที่ทดสอบนั้นเป็นผลไม้ สุก ดิบ กึ่งสุกกึ่งดิบด้วยหลอด LED ที่มีสีแตกต่างกันและยังแสดงผลบนหน้าต่างโปรแกรม อีกทั้งยังแสดงเปอร์เซ็นต์ค่าความสุกของผลไม้ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วย

(1) โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องวัดความสุกของผลไม้



รูปที่ 3.3 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องวัดความสุกของผลไม้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(1) ลักษณะของผลไม้

(1.1) สับปะรด

ลักษณะผลสับปะรดมีรูปทรงสวยมีตาทั่วทั้งผล เหนือผลมีใบขึ้นเป็นจุกเปลือกสีเขียวปนดำเมื่อดิบ เมื่อแก่เปลือกจะมีสีเหลืองอมส้ม ตาตื้น เนื้อสับปะรดสีเหลืองสวย มีรสหวานอมเปรี้ยวถึงหวานสนิท [18]

ลักษณะเนื้อของสับปะรดดิบ

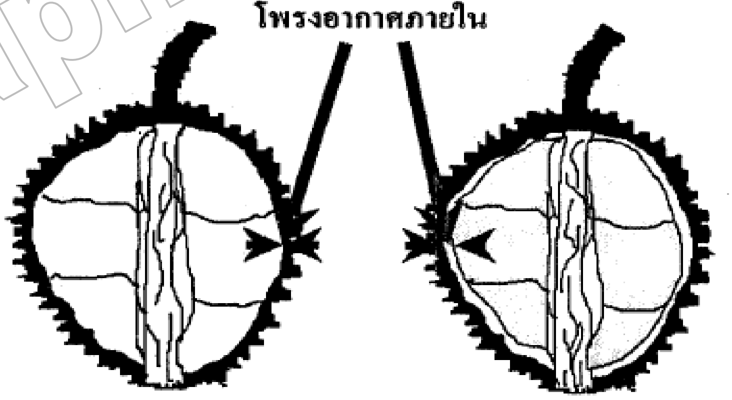
ลักษณะเนื้อของสับปะรดสุก

รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบลักษณะเนื้อของสับปะรดดิบและสุก

สับปะรดที่ใช้ในการทดสอบในโครงงานนี้เป็นสับปะรดที่มีน้ำหนักประมาณ 1.0 – 2.0 กก. ไม่มีโรค ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้ในการส่งออกและขายตามท้องตลาดได้

(1.2) ทุเรียน

ทุเรียนที่มีความสุกดิบต่างกัน โพรงอากาศภายใน, มวล ความยืดหยุ่นและความมั่นคงแข็งแรงจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความสุกดิบของทุเรียน [4] ดังรูปที่ 3.5



ทุเรียนดิบ ทุเรียนสุก

รูปที่ 3.5 การเปลี่ยนแปลงโพรงอากาศในทุเรียนดิบและสุก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

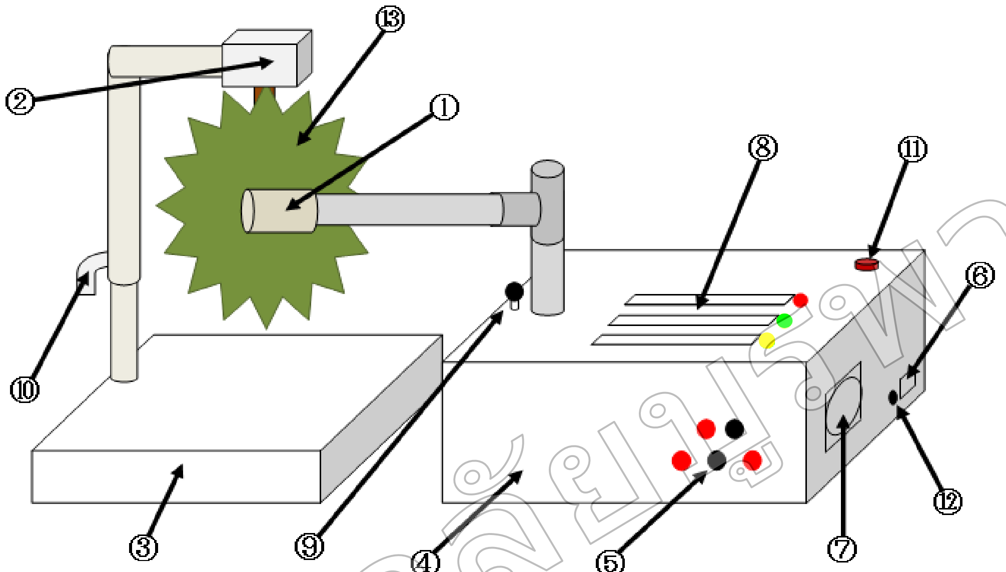
ทุเรียนที่ใช้ในการทดสอบในโครงงานนี้เป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ใช้ในการส่งออก ทรงของผลเป็นทรงหมอน ซึ่งในลูกจะมี 4 - 5 พลูและสมบูรณ์ทุกพลู มีน้ำหนักประมาณ 3.5 – 4.5 กก. ไม่มีโรคและแมลง อาจมีตำหนิเล็กน้อยที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน [4]

(2) ชุดเครื่องเคาะ

ภายในชุดเครื่องเคาะที่ได้ออกแบบประกอบด้วย

- แหล่งจ่ายแรงดันขนาด 12V กระแส 10A ใช้สำหรับจ่ายแรงดันให้กับวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ทั้งหมุนไปและกลับ
- แหล่งจ่ายแรงดันขนาด 12V กระแส 1A ใช้สำหรับจ่ายแรงดันให้กับวงจรขยายสัญญาณ
- แหล่งจ่ายแรงดันขนาด 5V ใช้สำหรับจ่ายแรงดันให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวแสดงผล
- มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12V กระแส 8.33A ความเร็ว 2,700 รอบต่อนาที ใช้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์
- ชุดขับเคลื่อนไม้เคาะ ได้แก่ เฟืองขนาด 8 มม. และเฟือง 14 มม. สายพาน ลูกปืนขนาด 15 มม. และท่อ PVC
- ลิมิตสวิทซ์ สำหรับควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุน ขณะที่ชุดขับเคลื่อนไม้เคาะเคลื่อนที่กลับ เมื่อไม้เคาะเคาะผลไม้แล้วจะเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้นเอง และเมื่อมากระทบกับลิมิตสวิทซ์ที่จุดเริ่มต้นก็จะส่งค่าไปควบคุมให้มอเตอร์หยุดทำงาน
- ชุดจับยึดผลไม้ ชุดนี้จะเป็นตัวยึดผลไม้ให้อยู่ในตำแหน่งที่กลางผลอยู่ตรงกับตำแหน่งไม้ เพื่อให้การเคาะได้เสียงสัญญาณที่ดีที่สุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์

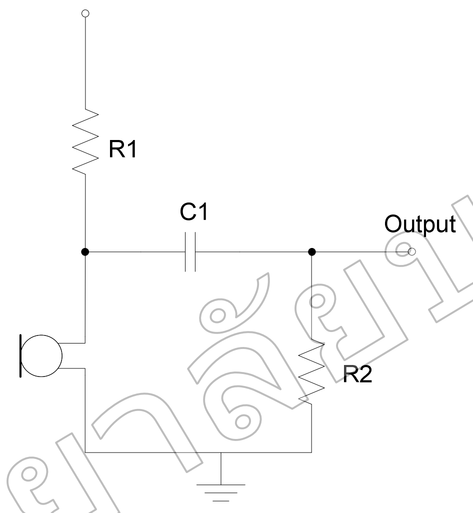
หมายเลข 1	ไม้เคาะผลไม้
หมายเลข 2	แขนจับยึดผลไม้
หมายเลข 3	แท่นวางผลไม้
หมายเลข 4	แท่นไม้เคาะผลไม้และวงจร
หมายเลข 5	แผงรับไฟเลี้ยง
หมายเลข 6	พอร์ต RS232
หมายเลข 7	พัดลมระบายความร้อน
หมายเลข 8	หลอด LED แสดงผล
หมายเลข 9	ไมโครโฟนรับเสียง
หมายเลข 10	ตัวปรับระดับความสูง
หมายเลข 11	ปุ่มกดสั่งเคาะ
หมายเลข 12	ช่องต่อ MIC
หมายเลข 13	ผลไม้

- ชุดขยายสัญญาณเสียงวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non–Inverting Amplifier) ส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงจากการเคาะด้วยไมโครโฟน เพื่อให้สัญญาณเสียงที่ได้มีระดับความดังที่เหมาะสำหรับการประมวลผลจึงได้ใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

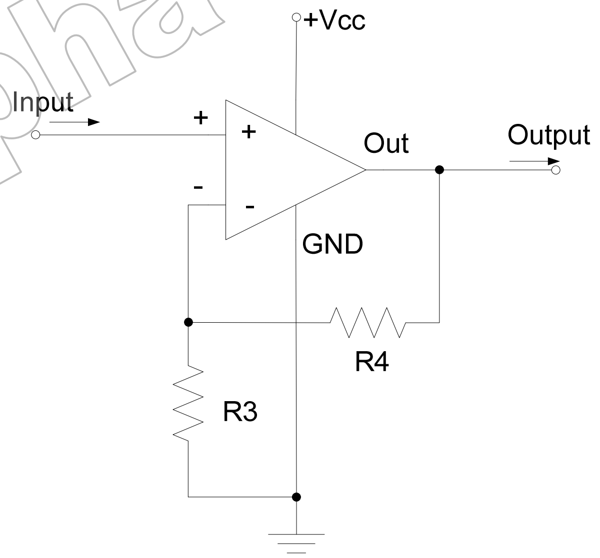
วงจรนี้มีวงจรแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนภาครับสัญญาณ และ ส่วนภาคขยาย (ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก)

- ส่วนภาครับสัญญาณ (Receiver)



รูปที่ 3.7 วงจรภาครับสัญญาณ

- ส่วนภาคขยาย (Amplifier)



รูปที่ 3.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non–Inverting Amplifier)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \qquad (3.1)$$

เมื่อ A_v = อัตราการขยาย

V_o = แรงดันเอาท์พุต

V_i = แรงดันอินพุต

โครงงานนี้เลือกใช้ค่าอุปกรณ์ต่าง ๆมีค่าดังนี้

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ในวงจรขยายสัญญาณเสียง

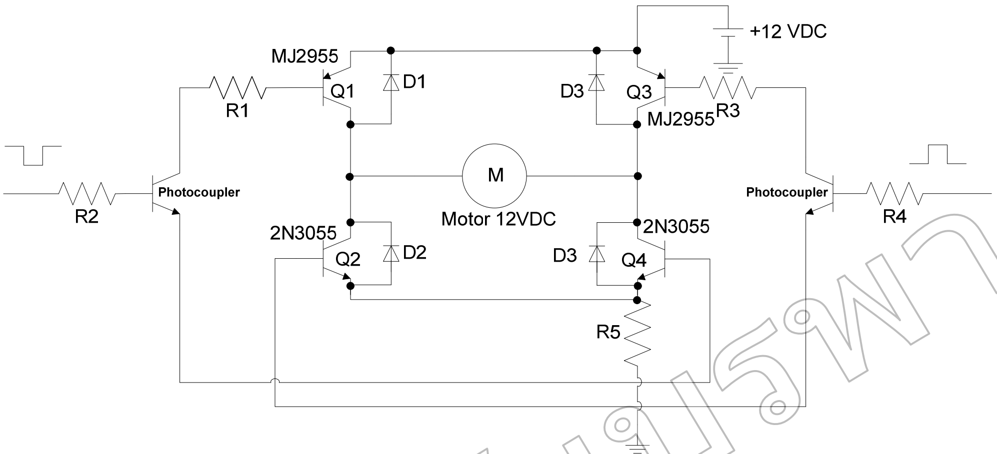
อุปกรณ์	**อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน**
R1	1kΩ 1/4W
R2	3.2 kΩ 1/4W
R3	1kΩ 1/4W
R4	100kΩ ปรับค่าได้
C1	0.005µF
MIC	Condenser microphone
Op-amp	LM324

- การ์ดเสียงที่ใช้ในโครงงานรุ่น Intel(r)82801AA AC'97 Audio Controller ใช้เพื่อรับค่าสัญญาณเสียงมาแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากนั้นจะส่งเข้าสู่การประมวลผล

3.วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการออกแบบส่วนที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อนำไปใช้กำหนดแรงที่ใช้ตีทุเรียน การกำหนดแรงที่ใช้ตีนั้นจะใช้การขับมอเตอร์กระแสตรง (DC motor) ให้หมุน 2 ทิศทาง โดยทิศทางแรกจะกำหนดให้เป็นทิศทางที่ไม้ตีทุเรียน และอีกทิศทางจะกำหนดให้เป็นทิศทางตรงข้ามเพื่อให้ไม้หมุนกลับมาตำแหน่งเริ่มต้น โครงงานนี้เลือกใช้วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge ดังรูปที่ 3.9

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.9 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

โครงงานนี้เลือกใช้มอเตอร์ขนาด แรงดัน 12 VDC, กระแส 8.33 A, กำลัง 100 W การขับดีซีมอเตอร์ให้หมุน 2 ทิศทางนั้นสามารถทำได้โดยกลับทิศทางของขั้วบวกและขั้วลบของดีซีมอเตอร์ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP คือ 2N3055 จำนวน 2 ตัว MJ2955 จำนวน 2 ตัว เนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ทำงานในสภาวะกระแสสูงจึงต้องทำการแยกกราวด์ของมอเตอร์และกราวด์ของส่วนควบคุมออกจากกันด้วยโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo transistor) เบอร์ LTV847 ทำหน้าที่เป็นสวิทช์กำหนดการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q1, Q2, Q3, และ Q4 วงจรนี้สามารถจ่ายกระแสได้ต่อเนื่องประมาณ 8.33 A

การทำงานของวงจรสามารถกำหนดได้โดยการสั่งงานผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การทำงานของมอเตอร์

A	B	OUT
0	0	หยุด
0	1	หมุนซ้าย
1	0	หมุนขวา
1	1	ไม่ใช้งาน

เมื่อ A=0, B=1 ทำให้ไม่มีการไบอัสกระแสที่ขา Base ของ LTV847 จึงไม่มีการไบอัสกระแสที่ Q1-Q4 ด้วย มอเตอร์จึงหยุดหมุน

เมื่อ A=1, B=0 ทำให้มีกระแสไบอัสที่ LTV847/2 จึงทำให้มีกระแสไหลที่ Collector ซึ่งเป็นประแสที่ไบอัสให้กับขา base ของ Q2, Q3 ทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อ A=1, B=0 ทำให้มีกระแสไบอัสที่ขา Base ของ LTV847/1 จึงทำให้มีกระแสไหลที่ Collector ซึ่งเป็นกระแสไบอัสให้กับขา Base ของ Q1, Q4 ด้วย ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านมอเตอร์ กลับทิศทางกับทางเดิม มอเตอร์จึงหมุนไปทางขวา

เมื่อ A=B=1 ทำให้มีกระแสไบอัสที่ขา Base ของ LTV847 ทั้งสอง จึงมีการไบอัสที่ Q1-Q4 ด้วย มอเตอร์จึงหยุดหมุน เพราะกระแสทั้งหมดที่สามารถจ่ายได้นั้นจะไหลผ่าน Q1-Q4 ลงกราวด์ ทำให้เกิดการลัดวงจร ทรานซิสเตอร์ Q1-Q4 จึงเสียหายอาจะระเบิดได้ ดังนั้นจึงไม่ควรไบอัสทรานซิสเตอร์ Q1-Q4 พร้อมกัน

ส่วน 1N5402 ทั้ง 4 ตัว เป็นไดโอดป้องกันกระแสย้อนกลับของขดลวดมอเตอร์ในขณะที่รานซิสเตอร์หยุดทำงาน

การคำนวณเบื้องต้น

คำนวณจากการเปิด Datasheet ของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055, MJ2955, LTV847

ขั้นตอนการคำนวรทำได้ดังนี้

(1) จากกราฟ DC Gain Current ของ ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055, MJ2955 สามารถหาค่า h_{fe} ของ 2N3055ได้ 19 และ h_{fe} ของ MJ2955 ได้ 17 เลือกค่า h_{fe} = 20

หา I_B จาก $I_C = \beta I_B$

$I_C = 8.33A$

$h_{fe} = \beta = 20$

$I_B = \frac{8.33}{20} = 0.4165A$

จาก $I_B > \frac{I_C}{\beta} > 417mA$

(2) หาค่า I_B ของ LTV847 ที่ทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว (Saturation state) และกระแส I_C ไหลได้มากกว่า 417mA โดยค่า I_C ของ LTV847จะเป็นค่า I_B ของ Q1-Q4 จะต้องเลือกค่าที่มากกว่า 417mA โดยเลือกค่า 500 mA

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(3) หาค่า R1 และ R3 ที่ทำให้ LTV847 ไหลเท่ากับ 500mA ที่แรงดัน 12VDC ค่า $V_{BE} = 1.5V$ ของ 2N3055 และ MJ2955 และ $V_{CE} = 0.1V$ ของ LTV847

จากกฎของโอห์ม $I = \frac{V}{R}$

$$R_1 = \frac{(V_S - (V_{BE(2N3055)} + V_{BE(MJ2955)} + V_{CE(LTV847)(SAT)}))}{I_{C(LTV847)}} = \frac{12 - (1.5 + 1.5 + 0.1)}{0.5}$$

$$R_1 = R_3 = 17.8\Omega$$

(4) หาค่า R2 และ R4 จาก Datasheet มีแรงดันเข้า 5V $V_F = 1.4V$, $I_F = 20mA$

จาก $R = \frac{V_s - V_F}{I}$

$$R_2 = R_4 = \frac{5 - 1.4}{20mA} = 180\Omega$$

โครงงานนี้กำหนดให้ค่าอุปกรณ์ต่าง ๆมีค่าดังนี้

ตารางที่ 3.4 อุปกรณ์ในวงจร H-Bridge

อุปกรณ์	อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน
R1, R3	20Ω 5W
R2, R4	200Ω 1/2W
R5	0.1 Ω 5W
Q1, Q3	MJ2955
Q2, Q4	2N3055
Motor	12VDC 8.33A
D1, D2, D3, D4	1N5402
Photocoupler	LTV847

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. Pulse Width Modulation (PWM)

การสร้างสัญญาณ PWM โดยไมโครคอนโทรเลอร์ PIC18F4550 จะต้องเลือกขาของไมโครคอนโทรเลอร์ที่เป็น CCPx (Capture/Compare/PWM) ซึ่งจะอยู่ในพอร์ต B และพอร์ต C ในโครงงานนี้ใช้ที่ RC2/CCP1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้งาน PWM module ทำได้ดังนี้ [17]

(1) ตั้งค่า PWM period โดยกำหนดค่าคงที่ register PR2 ซึ่งหาได้โดยคำนวณจาก

PWM period = [(PR2)+1] x 4 x Tosc x (TMR2 prescale value) (3.2)

T_{osc} = 1/f

TMR2 prescale value = โดยจะเลือกค่าให้สัมพันธ์กับค่า PR2 (1, 4, 16 โดยให้ค่า PR2 ไม่เกิน 256)

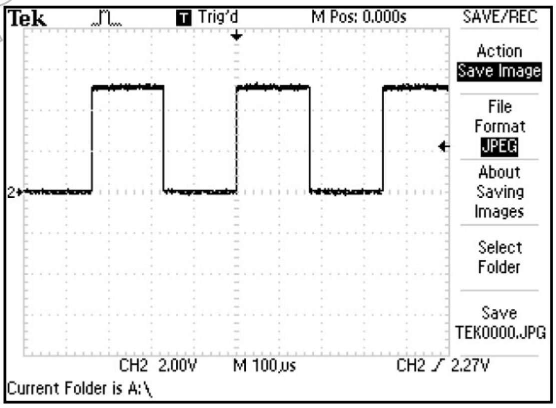
จะได้ PR2 = PWM period /[4 x T_{osc} x (TMR2 prescale value)] – 1 (3.3)

(2) ตั้งค่า PWM duty cycle ได้โดยคำนวณจากสูตร

PWM duty cycle = (CCPR1L:CCP1CON<5:4>) x T_{osc} x (TMR2 prescale value) (3.4)

(3) กำหนดค่า SFR register ที่จำเป็นอื่นๆกำหนดให้ขา RC2/CCP1 เป็นขาเอาท์พุตของสัญญาณกำหนดให้ขา CCP เป็น PWM modeกำหนดให้ TMR2 prescale value ในที่นี้กำหนดให้เป็น 16

(4) Enable Timer2 เพื่อเริ่มทำงาน โดยกำหนดให้ TMR2ON = 1



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างสัญญาณ PWM ที่อ่านได้จาก PIC18F4550

(Duty cycle = 49.8% Pulse width = 340 µs)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การคำนวณความถี่ PWM

จาก $\text{Cycle time} = \frac{1}{\text{Clock}} \times 4 \times t2div \times (Period + 1)$

เลือกค่า Period ที่ 255, Clock 20MHz, t2div_By_1

$$Cycle\ time = \frac{1}{Clock} \times 4 \times t2div \times (Periode + 1)$$

Cycle time = 51.2µs

หาค่า PWM Duty Cycle ได้จาก $\frac{51.2\mu s}{t2div \times \left(\frac{1}{Clock}\right)} = 1024$

หาค่าความถี่ได้จาก $f = \frac{1}{t} = \frac{1}{51.2\mu s} = 19.53kHz$

Frequency = 19.53kHz

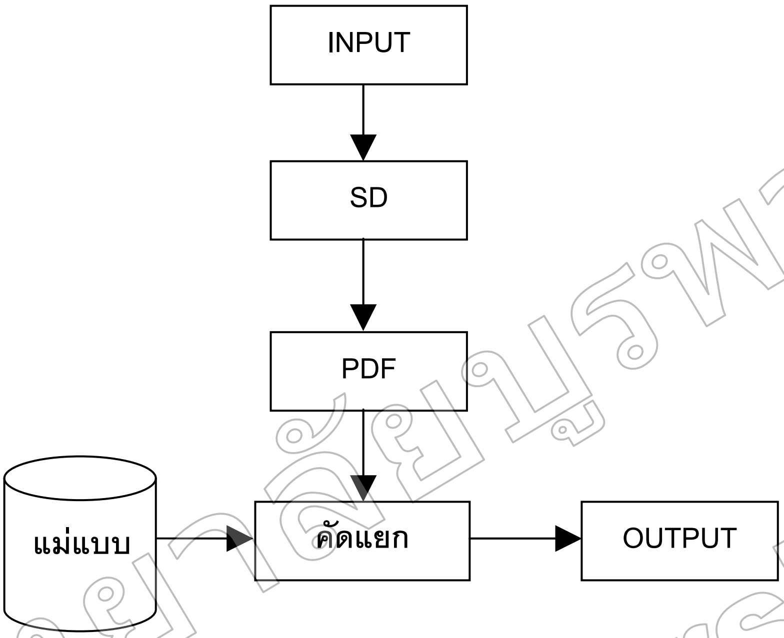
โครงงานนี้เลือกใช้ค่าความถี่ PWM 19.53kHz

5. ไมโครคอนโทรเลอร์(Microcontroller)

โครงงานนี้ได้เลือกไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ PIC18F4550 ซึ่งในโครงงานนี้การทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ ใช้ในการสั่งงานมอเตอร์ ด้วยการสร้างสัญญาณ PWM โดยจะใช้ในการสั่งควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของการเคาะผลทุเรียนและสับปะรด ทั้งหมุนไปและกลับควบคู่ไปกับวงจร H-Bridge นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังใช้ในการแสดงผลค่าความสุกดิบด้วยหลอด LED

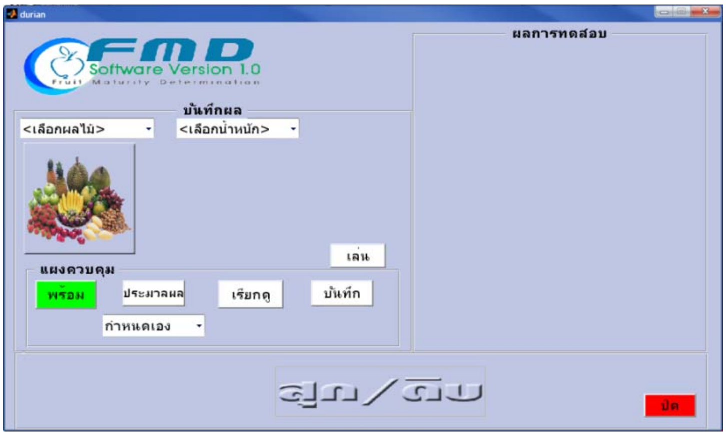
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(2) โครงสร้างที่ซอฟต์แวร์ของเครื่องวัดความสุกของผลไม้



รูปที่ 3.11 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของเครื่องวัดความสุกของผลไม้

จากรูปเป็นขั้นตอนการทำงานด้านซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะเพื่อแยกเสียงผลไม้สุกและดิบ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้เมื่อรับสัญญาณเสียงอินพุตเข้ามาแล้ว จะเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอลละเตรียมสัญญาณเสียงให้พร้อมนำไปประมวลจากนั้นนำมาประมวลผลด้วยการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือ SD และนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาหาฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นหรือ PDF และมาเปรียบเทียบกับค่าตัดสินใจที่ได้จัดทำเป็นแม่แบบเพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลในการคัดแยกความสุกของผลไม้



รูปที่ 3.12 หน้าต่างโปรแกรม FMD ที่พัฒนาขึ้นมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นโครงงานนี้ได้พัฒนาโปรแกรม FMD Software Version1.0 ดังรูปที่ 3.12 เพื่อใช้ในการบันทึกเสียงและประมวลผลโดย MATLAB GUI ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาจะนำมาใช้ในการประมวลผลในขั้นตอนการบันทึก, วิเคราะห์สัญญาณเสียงด้วยวิธี SD และ PDF เพื่อแยกแยะค่าของสัญญาณเสียงที่ได้ว่าผลไม้สุกหรือดิบและแสดงผลค่าที่วัดอีกด้วยซึ่งขั้นตอนการประมวลผลใช้วิธีการดังนี้

1. การปรับค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (Zero Mean): เนื่องจากสัญญาณเสียงที่ได้มาจากการบันทึกด้วยการเคาะผลไม้แต่ละครั้งนั้นจะมีค่าแกนกลางของสัญญาณเสียงไม่เท่ากับศูนย์ เมื่อนำมาแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแล้วจะนำมาปรับค่าแกนกลางให้เป็นศูนย์เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประมวลผลซึ่งการปรับค่าเฉลี่ยให้เป็นศูนย์นี้สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 3.5

$$\hat{x}_i = x_i - \bar{x} \tag{3.5}$$

โดยค่า x_i คือข้อมูล, $\bar{x}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2. รูปแบบบรรทัดฐาน (Normalization): การจัดรูปแบบบรรทัดฐานคือ กระบวนการปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานช่วยให้ไม่เกิดปัญหาความซ้ำซ้อนของข้อมูล ซึ่งเป็นผลทำให้ลดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล ลดปัญหาข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง รวมทั้งลดปัญหาที่เกิดจากการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล[19] การจัดรูปแบบบรรทัดฐานในโครงงานนี้จะทำให้สัญญาณเสียงที่ได้จากการบันทึกมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0 เพื่อให้สัญญาณเสียงในการเคาะแต่ละครั้งมีลักษณะของสัญญาณอยู่ในช่วงที่กำหนดเสมอ โดยการจัดรูปแบบบรรทัดฐานสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 3.6

$$y_i = \frac{\hat{x}_i}{\left|\hat{x}_{i,\max}\right|} \tag{3.6}$$

โดยที่ $\hat{x}_i$ คือ ข้อมูล, $|\hat{x}_{i,max}|$ คือ ค่าสัมบูรณ์ของข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด

3. การหาค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียง (Absolute value): การหาค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียงทำให้สัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะมีลักษณะเด่นขึ้น ซึ่งช่วยให้การคัดแยกเฉพาะช่วงเสียงสัญญาณที่เกิดจากการเคาะทำได้ง่ายยิ่งขึ้น การหาค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียงสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 3.7

$$|y_i| \geq 0 \tag{3.7}$$

โดยที่ y_i คือค่าของข้อมูลแต่ละจุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การกำหนดค่าตัดสินใจ (Thresholding): วิธีการกำหนดค่าตัดสินใจนี้นำมาใช้เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเสียงภายนอกที่ไม่ต้องการ [20] จึงมีการกำหนดค่าคงที่ค่าหนึ่งเพื่อช่วยในการแยกสัญญาณเสียงรบกวนออกจากเสียงที่เกิดจากการเคาะ ซึ่งทำให้สามารถเลือกเฉพาะช่วงสัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะเท่านั้นได้

5. การแบ่งเซตข้อมูลแบบหน้าต่าง (Windowing): การแบ่งเซตข้อมูลแบบหน้าต่างนี้เป็นวิธีการที่ทำให้การประมวลผลลดความยุ่งยากลง โดยโครงงานนี้แบ่งเซตข้อมูลออกเป็นกลุ่มละ 128 จุด หรือ 2^7 จุด เพื่อสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและลักษณะ (Feature) ของสัญญาณได้ง่าย

6. การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation): ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูล ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเพียงใด[15] ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการอย่างง่ายในการนำไปวิเคราะห์สัญญาณเสียง เพื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงเคาะที่แตกต่างกันระหว่างผลไม้สุกและดิบ

7. ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) : หรือเรียกว่าฟังก์ชัน PDF จะถูกนำมาใช้เพื่อแบ่งประเภทว่าเสียงที่ได้นั้นเป็นเสียงของผลไม้สุกหรือดิบ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงของผลไม้ดิบและสุก

8. การจัดกลุ่มของข้อมูล (Classification): คือการจัดกลุ่มข้อมูลลักษณะเหมือนกันไว้ด้วยกัน เป็นกระบวนการสร้างต้นแบบจัดการข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่กำหนดไว้ เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่าง class หรือ กลุ่มของข้อมูลนั้น และเพื่อประมาณว่าข้อมูลที่ได้มาควรจัดอยู่ใน classใด ซึ่งต้นแบบที่ใช้จำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามที่ได้กำหนดไว้จะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์เซตของข้อมูลทดลอง (Training data)[21] โดยการกำหนดค่าต้นแบบของข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจคัดแยกสัญญาณเสียงที่วิเคราะห์ ซึ่งโครงงานนี้มีการกำหนดต้นแบบของข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดกลุ่มของข้อมูลความสุกดิบของทุเรียนและสับปะรดได้ดังสมการ 3.8 ,สมการ 3.9 และสมการ 3.10

$$Durian_1 = \begin{cases} 1 & ; n \geq 0.09 \\ 0 & ; otherwise \end{cases} \tag{3.8}$$

โดยที่ $Durian_1$ คือ ทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก., 1 คือ สุก, 0 คือ ดิบ, n คือค่าความน่าจะเป็นช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียงทุเรียน

$$Durian_2 = \begin{cases} 1 & ; n \geq 0.15 \\ 0 & ; otherwise \end{cases} \tag{3.9}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โดยที่ $Durian_2$ คือ ทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก., 1 คือ สุก, 0 คือ ดิบ, n คือค่าความน่าจะเป็นช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียงทุเรียน

$$Pineapple = \begin{cases} 1 & ; n \geq 0.11 \\ 0 & ; otherwise \end{cases} \tag{3.10}$$

โดยที่ 1 คือ สุก, 0 คือ ดิบ, n คือค่าความน่าจะเป็นช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียงสับปะรด

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคัดแยกด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลไม้ดิบและสุกมาเทียบกับเสียงที่เก็บไว้เป็นต้นแบบ จากนั้นแยกแยะประเภทของเสียงที่วิเคราะห์แล้วจึงแสดงผลด้วยหลอด LED และจอคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

การวัดความสุกของผลไม้ด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะนี้ มีส่วนประกอบ 2 ด้าน ด้วยกันคือ ทางด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทำให้เกิดเสียงสัญญาณที่นำไปวิเคราะห์ด้วยการเคาะที่กลางพลูของผลไม้ และนำเสียงสัญญาณที่ได้เข้าสู่การประมวลผล อีกทางหนึ่งคือทางด้านซอฟต์แวร์ที่นำเสียงจากด้านฮาร์ดแวร์มาประมวลผลเปรียบเทียบกับเสียงต้นแบบเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์เสียงผลไม้ที่นำมาทดลองนั้นว่าสุก หรือดิบ

4.1.1 วิธีการทางฮาร์ดแวร์

เป็นวิธีการทางด้านการใช้เครื่องมือเพื่อเคาะผลไม้ให้เกิดเสียงเพื่อให้สามารถนำเสียงนั้นไปวิเคราะห์ผลได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ก.คัดเลือกผลไม้เพื่อใช้ในการทดสอบความสุกดิบ โดยเลือกผลไม้ทรงที่ใช้ในการส่งออกมีลักษณะตามมาตรฐานที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

ข.นำผลไม้ที่คัดมาแล้วจับยึดด้วยเครื่องต้นแบบ โดยหมุนตัวยึด(clamper)จับยึดก้านผลและปรับระดับผลไม้ให้กลางลูกของผลไม้อยู่ระดับเดียวกับไม้เคาะ ซึ่งส่วนจับยึดนี้สามารถปรับระดับความสูงของผลไม้ให้พอดีกับระดับไม้เคาะ อีกทั้งยังสามารถจับขั้วของผลไม้ได้หลายขนาดจึงสามารถวัดผลไม้ได้ทุกขนาด ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การติดตั้งเครื่องเคาะผลไม้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค.ปรับชุดเครื่องต้นแบบที่ใช้สำหรับเคาะผลไม้ให้อยู่ตำแหน่งที่พร้อมใช้งาน จากนั้นกดปุ่มสั่งงานให้เคาะ ไม้จะเคลื่อนที่ไปเคาะกลางผลของผลไม้ที่ยึดด้วยตัวยึดจับยึดก้าน แล้วจะหมุนกลับมาหยุดยังจุดเริ่มต้นเองโดยอัตโนมัติ เพื่อรอการสั่งงานครั้งต่อไป

4.1.2 วิธีการทางซอฟต์แวร์

เป็นวิธีการประมวลผลด้วยการนำเสียงสัญญาณที่ได้มาแยกแยะและแบ่งประเภทของเสียงสัญญาณนั้นว่า สุก ดิบ หรือกึ่งสุกกึ่งดิบ ด้วยโปรแกรม FMD ที่พัฒนาขึ้นมา โดยมีขั้นตอนการประมวลผลภายในโปรแกรมดังนี้

ก.ในโครงงานนี้มีวิธีการแยกแยะความสุกดิบของผลไม้ด้วยการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) โดยจะต้องจัดให้สัญญาณข้อมูลที่เป็นสัญญาณอินพุตอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล

ข.สัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณเสียงที่วัดได้จากการเคาะ จะผ่านตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter : ADC) ซึ่งใช้อัตราการสุ่มข้อมูลประมาณ 44,100 จุด ต่อวินาที ความละเอียด 16 บิต

ค.การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้ เพื่อวิเคราะห์ว่าสัญญาณเสียงที่ได้จากการเคาะผลไม้สุก ดิบ นั้นมีความแตกต่างของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพียงใด

ง.การจำแนกเสียงสัญญาณโดยการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นว่าสัญญาณเสียงที่ได้นั้นมีความน่าจะเป็นอยู่ในประเภทใด

จ.จากนั้นนำสัญญาณเสียงที่ประมวลได้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างเสียงของผลไม้ดิบและสุกเพื่อช่วยในการแยกแยะเพื่อแสดงผล

4.2 การทดลอง

การทดสอบเครื่องเคาะผลไม้นี้ได้เลือกตัวอย่างผลไม้ในการทดลองคือ สับปะรดและทุเรียนเพื่อนำมาทำการทดสอบทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อทดสอบเครื่องวัดความสุกของผลไม้ที่ออกแบบขึ้นมานั้นว่ามีข้อผิดพลาดมากน้อยเท่าใดและสามารถใช้งานได้จริงตามที่คาดไว้หรือไม่ ซึ่งมีจำนวนผลไม้ที่ทำการทดลองดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลชนิดของผลไม้ที่ทำการทดลอง

ผลไม้	จำนวน (ผล)
ทุเรียนพันธุ์หมอนทองดิบ	5
ทุเรียนพันธุ์หมอนทองสุก	5
สับปะรดดิบ	5
สับปะรดสุก	5

โดยมีขั้นตอนการคัดเลือกขนาดน้ำหนักให้ตรงกับความต้องการและนำมาทำการทดสอบสัญญาณเสียงของสับปะรดและทุเรียนดังนี้

1.สับปะรด

1.1 การวัดความสุกนั้นใช้สับปะรด น้ำหนัก 1.0 – 2.0 กก. เก็บตัวอย่างเสียงสับปะรดทั้งสองประเภทด้วยเครื่องเคาะผลไม้ที่ได้ออกแบบ โดยจะใช้เครื่องที่ออกแบบเคาะบริเวณกลางผลของสับปะรดโดยรอบผลละ 4 จุด จุดละ 10 ครั้ง โดยแต่ละจุดมีความห่างทำมุม 90 องศา จนรอบผล เพื่อนำมาเก็บเป็นข้อมูลเปรียบเทียบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลหาค่าความแตกต่างของเสียงทั้งสองแบบว่าเป็นอย่างไร โดยใช้จำนวนผลไม้ ดังตารางที่ 4.2

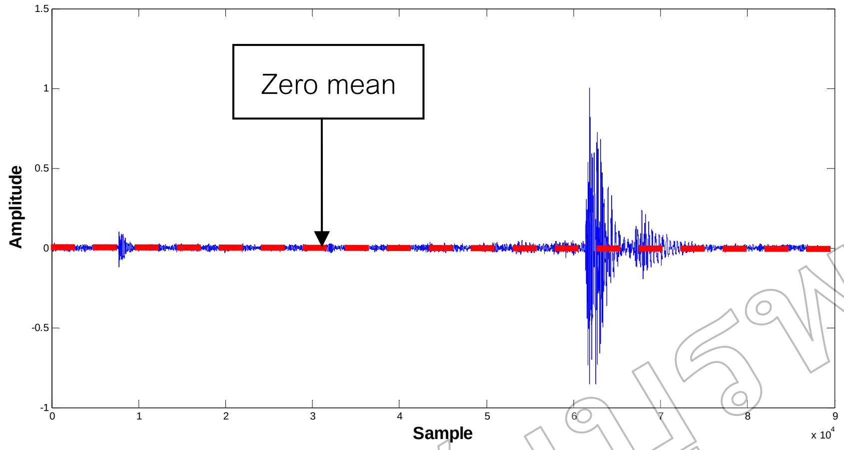
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลของสับปะรดที่ทำการทดลอง

ผลไม้ที่ทำการทดสอบ	จำนวน (ผล)
สับปะรดดิบ	5
สับปะรดสุก	5

1.2 สัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณเสียง จึงต้องนำมาแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อให้สามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้

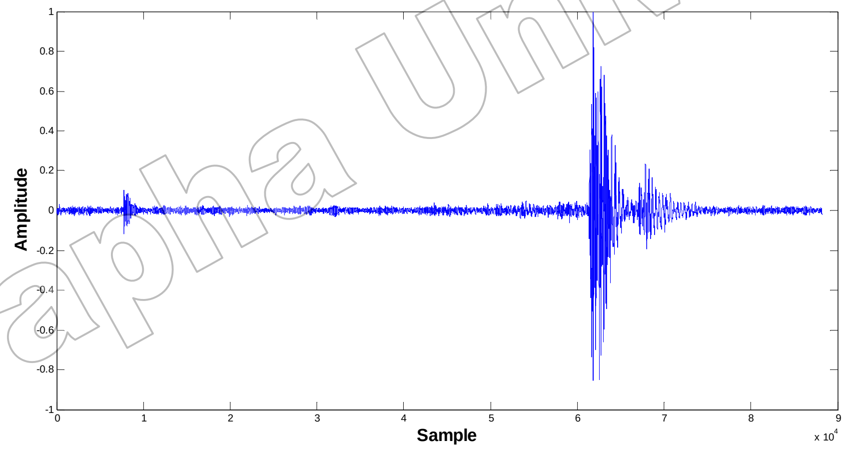
1.3 จากนั้นนำสัญญาณเสียงที่ได้มานั้น มีแกนศูนย์เป็นแกนกลาง (Zero mean) เนื่องจากเสียงสัญญาณที่เกิดจากการเคาะในแต่ละครั้งที่ได้จากการบันทึกนั้น จะมีแกนกลางที่ต่ำกว่าศูนย์ทำให้การวิเคราะห์ค่าที่บันทึกเริ่มต้นนั้นทำได้ยาก เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และประมวลค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้นจึงต้องมีการทำแกนศูนย์เป็นแกนกลาง แก่สัญญาณเสียงก่อนการนำไปประมวลผลขั้นต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.2 สัญญาณเสียงที่แกนกลางอยู่ที่ศูนย์ของสับปะรด

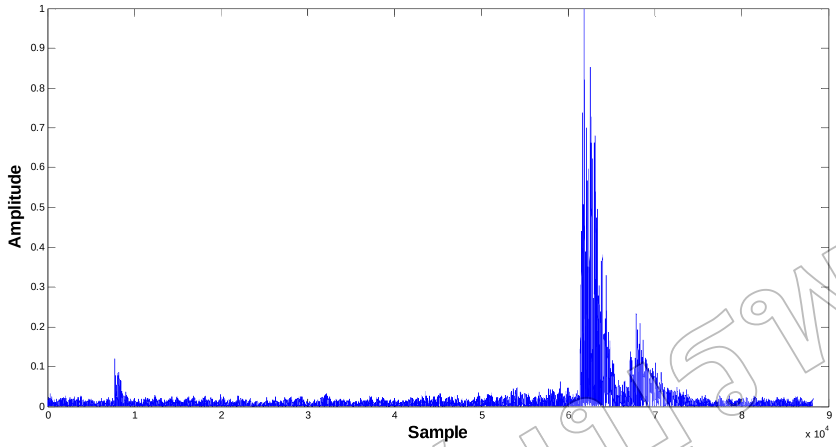
1.4 นำสัญญาณเสียงที่ได้มาการจัดรูปแบบบรรทัดฐาน (Normalization) โดยทำให้เสียงสัญญาณที่มากที่สุดเป็น 1 หรือต่ำสุดเป็น -1 เพราะสัญญาณเสียงที่บันทึกเริ่มต้นนั้นจะมีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดแตกต่างกันออกไป ในการใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ของเสียงก็จะต้องแตกต่างกัน ทำให้เกิดความยุ่งยาก จึงมีการรูปแบบบรรทัดฐานให้เท่ากัน เพื่อการนำไปวิเคราะห์สามารถใช้ค่าในวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกันได้และผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีค่าถูกต้องมากขึ้น



รูปที่ 4.3 สัญญาณเสียงที่จัดรูปแบบบรรทัดฐานของสับปะรด

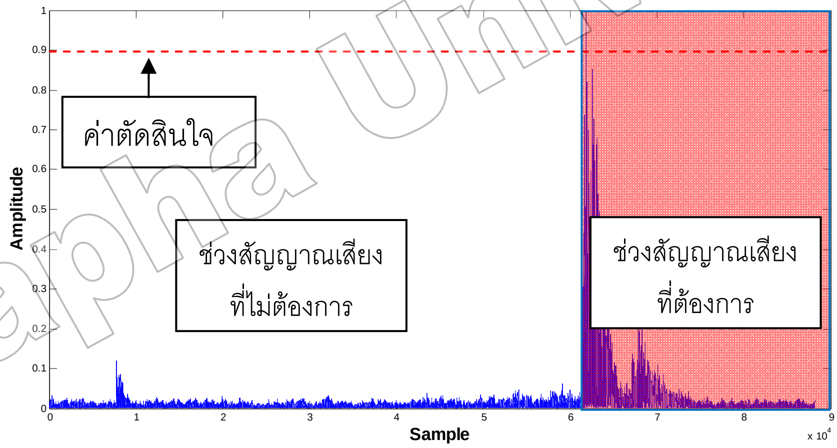
1.5 นำมาหาขนาดของเสียงที่แท้จริงโดยการหาค่าสัมบูรณ์ (absolute value) ของสัญญาณเสียงนั้นเพื่อให้สัญญาณเสียงที่ได้มาอยู่ในช่วงบวกเท่านั้น เพื่อช่วยในการเลือกเฉพาะช่วงที่เกิดเสียงจากการเคาะเพื่อนำไปประมวลผล และตัดเสียงช่วงที่ไม่ใช่เสียงจากการเคาะทิ้งไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.4 ค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียงของสับปะรด

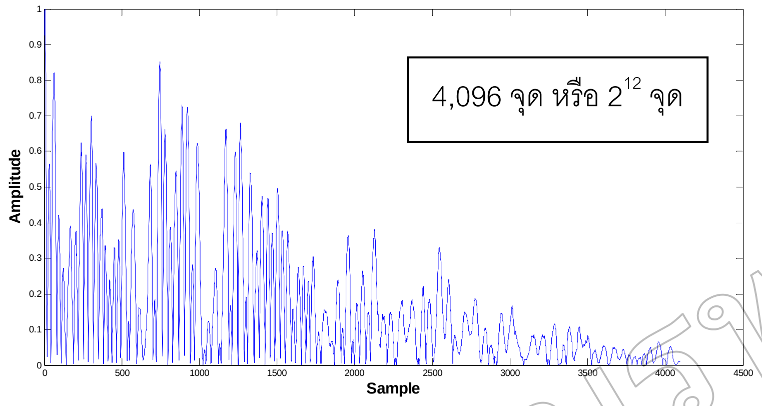
1.6 จากนั้นนำมาตัดส่วนที่ไม่ใช่เสียงจากการเคาะออก ด้วยวิธีการตัดสินใจโดยโครงงานนี้เลือกค่าตัดสินใจที่ 0.9 เนื่องจากสัญญาณเสียงที่ไม่ใช่เสียงที่เกิดจากการเคาะที่ผ่านกระบวนการจัดรูปแบบบรรทัดฐาน มีค่าต่ำกว่า 0.9 ดังนั้นเสียงแรกจากการทำตัดสินใจ จะเป็นเสียงที่เกิดจากการเคาะที่แท้จริง จึงเลือกช่วงสัญญาณเสียงที่อยู่ถัดไปจากการค่าตัดสินใจที่เลือก เพื่อให้การวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์เฉพาะสัญญาณเสียงที่ได้จากการเคาะผลไม้เท่านั้นง่ายขึ้น



รูปที่ 4.5 การผ่านกระบวนการตัดสินใจของสัญญาณเสียงของสับปะรด

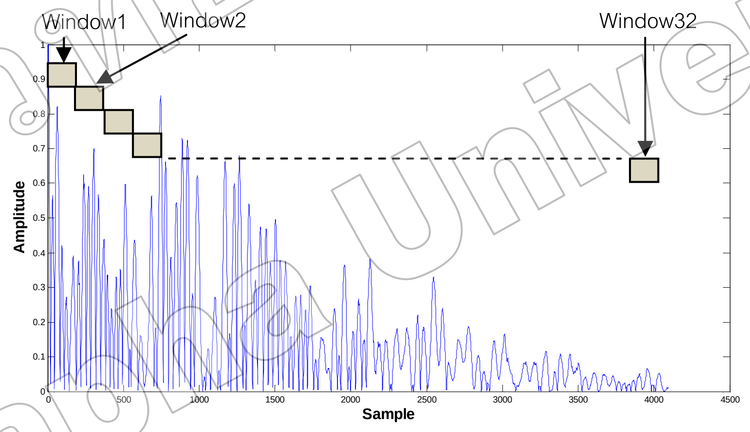
1.7 เมื่อได้สัญญาณเสียงเฉพาะที่เกิดจากการเคาะแล้วนั้น ทำการเลือกความกว้างของสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะในแต่ละครั้งจะมีความยาวเพียง 92 ms ถือว่าเป็นช่วงที่สั้นมาก จึงมีการเลือกสัญญาณเสียงที่มีความกว้างพอดีกับเสียงที่เกิดจากการเคาะตามที่ต้องการ จากการทดลองพบว่าสัญญาณเสียงที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณเสียงประมาณ 4,096 จุด หรือ 2^{12} จุด จึงเลือกสัญญาณเสียงที่เกิดในช่วงความกว้างนี้ในการประมวลผล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.6 กำหนดความยาวของสัญญาณเสียงของสับปะรด

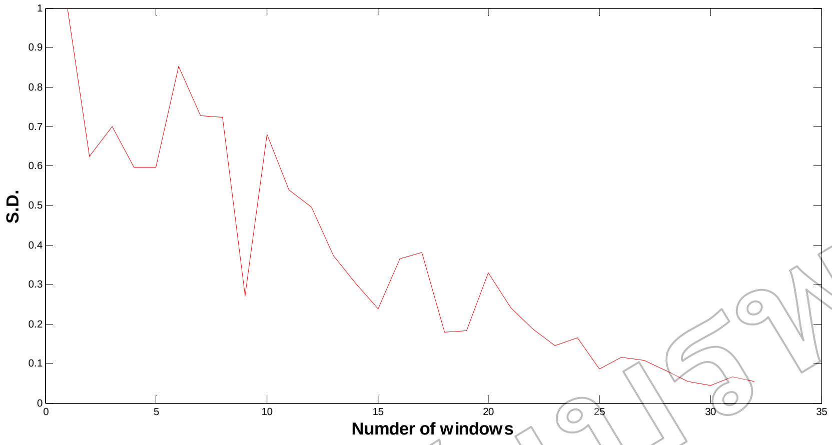
1.8 เสียงสัญญาณนี้จะนำมาแบ่งเป็นช่วงย่อย (windowing) ช่วงละ 128 จุด สามารถแบ่งได้ 32 ช่วง ใน 4,096 จุด เพื่อต้องการลดขั้นตอนในการประมวลผลที่ซับซ้อนจึงเลือกการแบ่งช่วงย่อยเพื่อช่วยให้การประมวลผลในขั้นตอนถัดไปทำได้ง่ายยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.7 การแบ่งช่วงของสัญญาณเสียงของสับปะรด

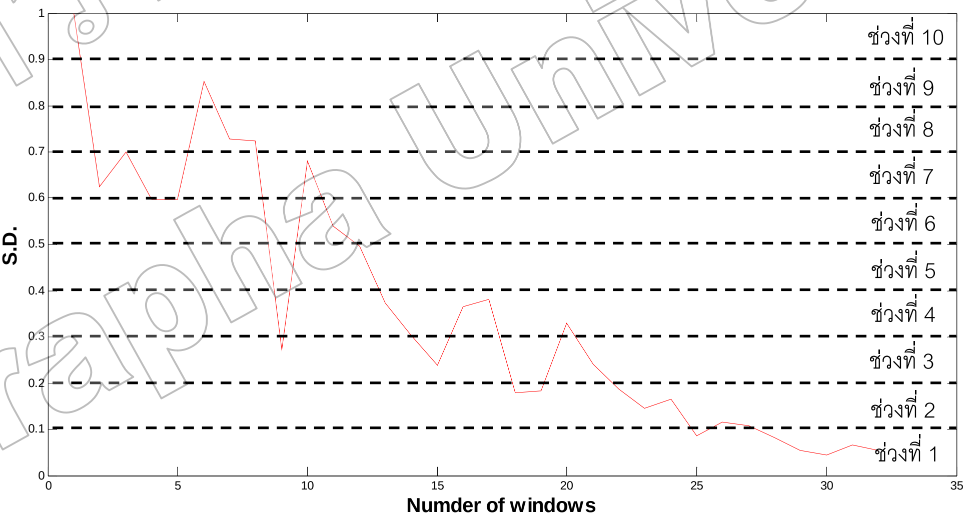
1.9 จากนั้นนำค่าแต่ละช่วงมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่วงนั้นๆ เพื่อหาค่าที่แตกต่างระหว่างเสียงของสับปะรดสุกและดิบ ซึ่งสัญญาณเสียงแต่ละเสียงที่ได้จากการเคาะจะมีกราฟค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลักษณะที่คล้ายกันทั้งหมด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบ

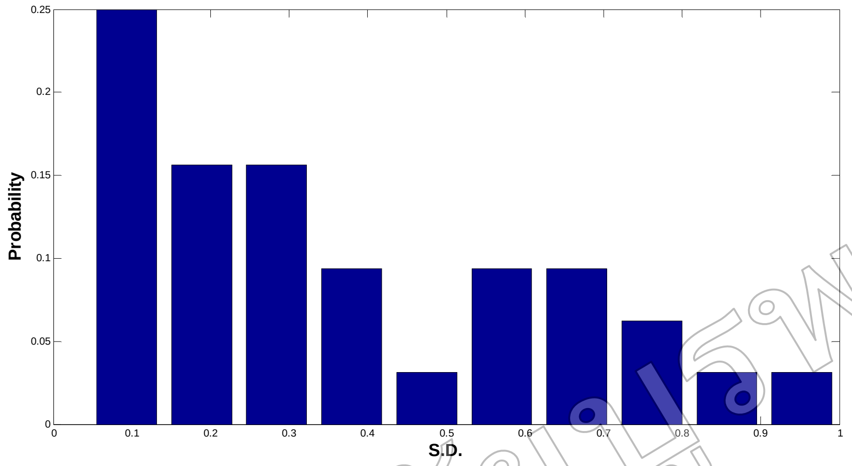
1.10 จากนั้นนำมาแบ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้เป็น 10 ช่วง กว้างช่วงละ 0.1 และหาค่าความแตกต่างของสับปะรดดิบและสุกโดยใช้วิธี PDF เพื่อบ่งบอกและแยกประเภทของค่าความสุกดิบของสับปะรด



รูปที่ 4.9 การแบ่งช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 ช่วง ช่วงละ 0.1 ของสัญญาณเสียงสับปะรดดิบ

1.11 นำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละช่วงทั้ง 10 ช่วงมาหาค่าความน่าจะเป็น เพื่อหาความแตกต่างระหว่างสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบและสุก จากนั้นเก็บข้อมูลที่ได้นี้เป็นตัวอย่างการแยกประเภทของสับปะรด จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ช่วงแรกจะมีค่ามากที่สุดและจะลดหลั่นกันตามรูปแบบของสัญญาณเสียงที่ได้จากเคาะด้วยเครื่องที่ออกแบบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.10 ค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงสับปะรดดิบ

1.12 เมื่อประมวลผลและวิเคราะห์เสียงสัญญาณเรียบร้อยแล้วจะพบค่าความแตกต่างระหว่างสับปะรดดิบและสุก ซึ่งจะสามารถแสดงผลว่าสุกหรือดิบได้โดยแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และแสดงค่าที่หลอด LED บนเครื่องเคาะด้วย

2. ทุเรียน

2.1 การวัดความสุกโดยใช้ทุเรียน น้ำหนัก 3.0 – 4.5 กก.เก็บตัวอย่างเสียงทุเรียนทั้งสุกและดิบด้วยเครื่องเคาะผลไม้ที่ได้ออกแบบ โดยจะใช้เครื่องที่ออกแบบเคาะบริเวณกลางผลของทุเรียน โดยรอบทุกพลู พลูละ 10 ครั้ง เพื่อนำมาเก็บเป็นข้อมูลเปรียบเทียบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลหาค่าความแตกต่างของเสียงทั้งสองแบบว่าเป็นอย่างไร โดยใช้จำนวนผลไม้ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลของทุเรียนที่ทำการทดลอง

ผลไม้ที่ทำการทดสอบ	**จำนวน (ผล)**
ทุเรียนดิบ	5
ทุเรียนสุก	5

โดยการทดลองจะแบ่งการประมวลผลตามช่วงน้ำหนักของทุเรียนเพื่อให้มีการแยกแยะการประมวลผลให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ดังตารางที่ 4.4

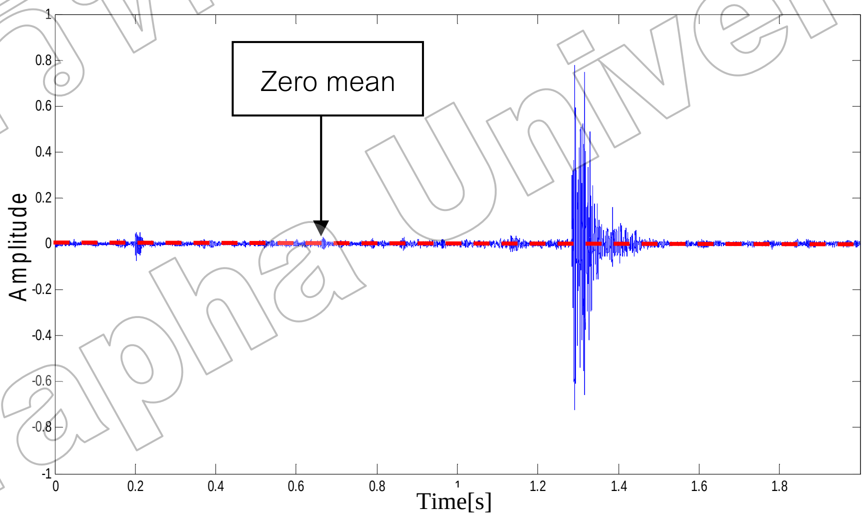
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.4 การแบ่งเกรดของทุเรียนในการทดลอง

น้ำหนักทุเรียน	เกรด
4.0 – 4.5 กก.	A
3.5 – 4.0 กก.	B

2.2 สัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณเสียง ซึ่งต้องนำมาแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อให้สามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้

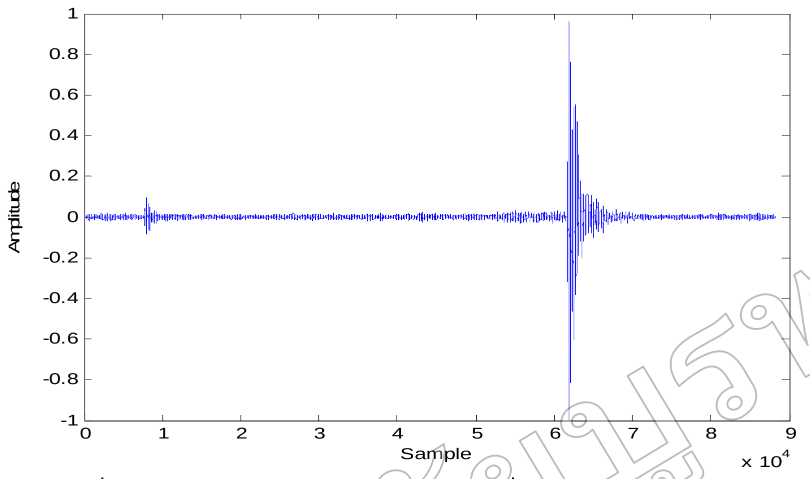
2.3 นำสัญญาณเสียงที่ผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแล้วทำให้แกนกลางเป็นศูนย์ (Zero mean) เนื่องจากเสียงสัญญาณที่เกิดจากการเคาะในแต่ละครั้งที่ได้จากการบันทึกนั้น จะมีแกนกลางที่ต่ำกว่าศูนย์ทำให้การวิเคราะห์ค่าที่บันทึกเริ่มต้นนั้นทำได้ยาก เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และประมวลค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้นจึงต้องมีการทำแกนศูนย์เป็นแกนกลางแก่สัญญาณเสียงก่อนการนำไปประมวลผลขั้นต่อไป



รูปที่ 4.11 สัญญาณเสียงที่แกนกลางอยู่ที่ศูนย์ของทุเรียน

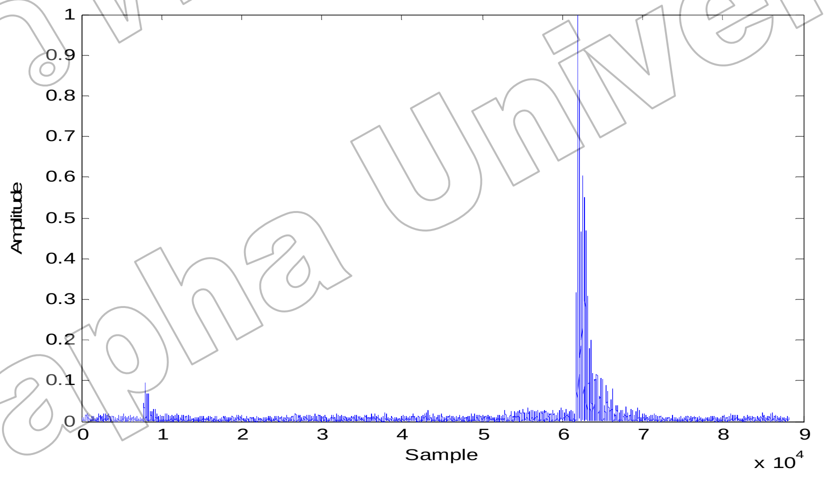
2.4 นำสัญญาณเสียงที่ได้มาการจัดรูปแบบบรรทัดฐาน (Normalization) โดยทำให้เสียงสัญญาณที่มากที่สุดเป็น 1 และน้อยที่สุดเป็น -1 เพราะสัญญาณเสียงที่บันทึกเริ่มต้นนั้นจะมีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดแตกต่างกันออกไป ในการใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ของเสียงก็จะต้องแตกต่างกัน ทำให้เกิดความยุ่งยาก จึงมีการรูปแบบบรรทัดฐานให้เท่ากัน เพื่อการนำไปวิเคราะห์สามารถใช้ค่าในวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกันได้และผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีค่าถูกต้องมากขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



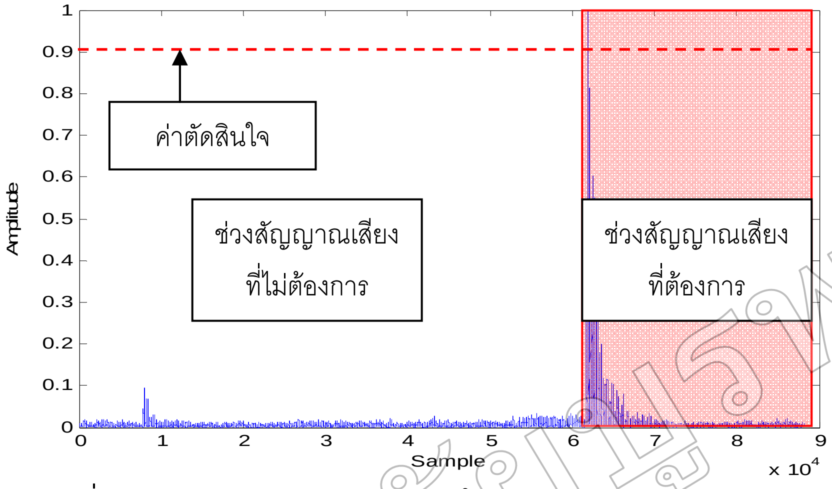
รูปที่ 4.12 สัญญาณเสียงเคาะของทุเรียนที่ได้จัดรูปแบบบรรทัดฐาน

2.5 นำมาหาขนาดของเสียงที่แท้จริงโดยการหาค่าสัมบูรณ์ (Absolute value) ของสัญญาณเสียงนั้น ทำให้สัญญาณเสียงที่ได้มาอยู่ในช่วงบวกเท่านั้น ซึ่งจะช่วยในการเลือกเฉพาะช่วงที่เกิดเสียงจากการเคาะ แล้วจึงนำไปประมวลผล และตัดเสียงช่วงที่ไม่ใช่เสียงจากการเคาะทิ้งไป



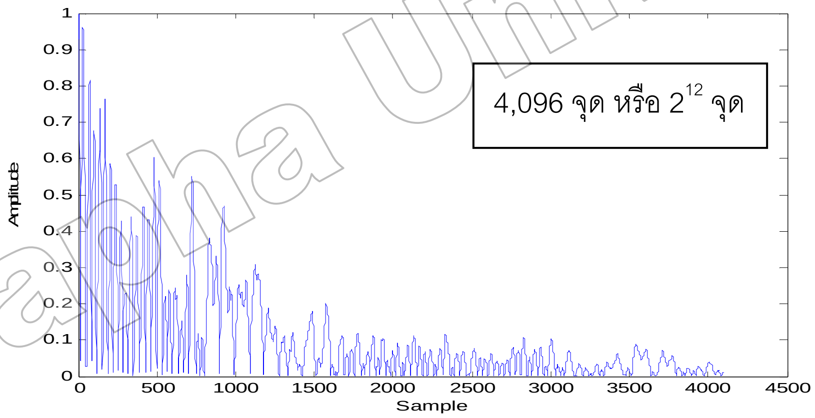
รูปที่ 4.13 ค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเสียงของทุเรียน

2.6 จากนั้นนำมาตัดส่วนที่ไม่ใช่เสียงจากการเคาะออก ด้วยวิธีการตัดสินใจ โดยโครงงานนี้เลือกค่าตัดสินใจที่ 0.9 เนื่องจากสัญญาณเสียงที่ไม่ใช่เสียงที่เกิดจากการเคาะที่ผ่านกระบวนการจัดรูปแบบบรรทัดฐานมีค่าต่ำกว่า 0.9 ดังนั้นเสียงแรกจากการตัดสินใจ จะเป็นเสียงที่เกิดจากการเคาะที่แท้จริง จึงเลือกช่วงสัญญาณเสียงที่อยู่ถัดไปจากการค่าตัดสินใจที่เลือก เพื่อให้การวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์เฉพาะสัญญาณเสียงที่ได้จากการเคาะผลไม้เท่านั้นง่ายขึ้น



รูปที่ 4.14 การผ่านกระบวนการตัดสินใจของสัญญาณเสียงของทุเรียน

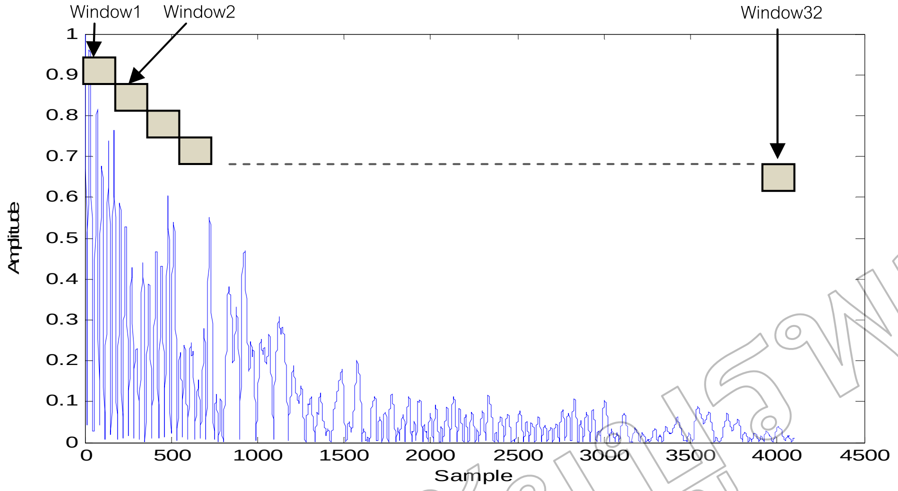
2.7 เมื่อได้สัญญาณเสียงเฉพาะที่เกิดจากการเคาะแล้ว ทำการเลือกความกว้างของสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงที่เกิดจากการเคาะในแต่ละครั้งจะมีความยาวเพียง 92 ms ถือว่าเป็นช่วงที่สั้นมาก จึงมีการเลือกสัญญาณเสียงที่มีความกว้างพอดีกับเสียงที่เกิดจากการเคาะตามที่ต้องการ จากการทดลองพบว่าสัญญาณเสียงที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณเสียงประมาณ 4,096 จุด หรือ 2^{12} จุด จึงเลือกสัญญาณเสียงที่เกิดในช่วงความกว้างนี้ในการประมวลผล



รูปที่ 4.15 กำหนดความยาวของสัญญาณเสียงของทุเรียน

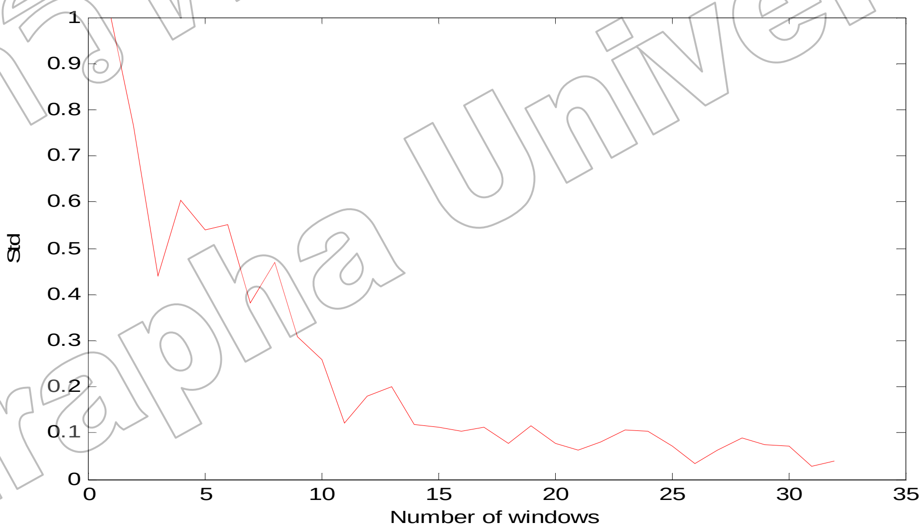
2.8 เสียงสัญญาณนี้จะนำมาแบ่งเป็นช่วงย่อย (windowing) ช่วงละ 128 จุด สามารถแบ่งได้ 32 ช่วง ใน 4,096 จุด เพื่อต้องการลดขั้นตอนในการประมวลผลที่ซับซ้อนจึงเลือกการแบ่งช่วงย่อยเพื่อช่วยให้การประมวลผลในขั้นตอนถัดไปทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.16 การแบ่งช่วงของสัญญาณเสียงของทุเรียน

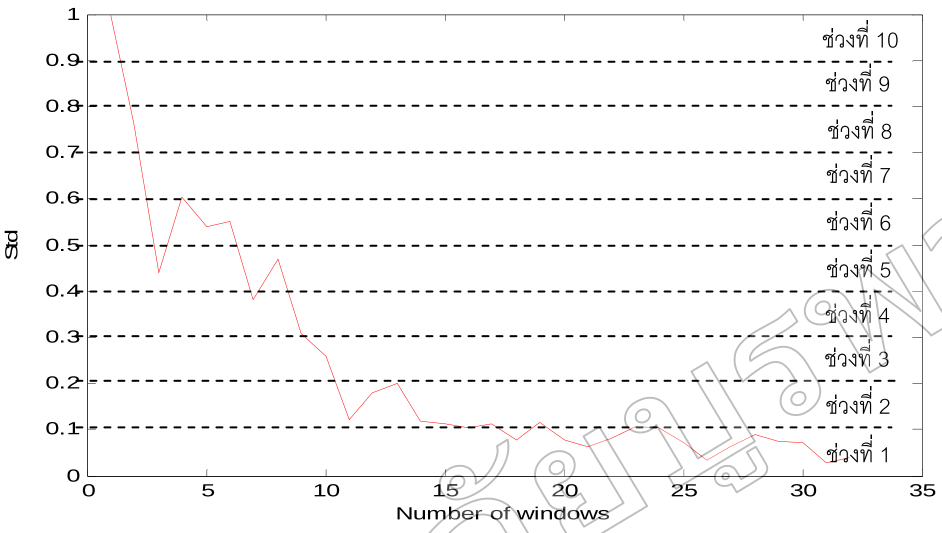
2.9 จากนั้นนำค่าแต่ละช่วงมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่วงนั้นๆ เพื่อหาค่าที่แตกต่างระหว่างเสียงของทุเรียนสุกและดิบ ซึ่งสัญญาณเสียงแต่ละเสียงที่ได้จากการเคาะจะมีกราฟค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลักษณะที่คล้ายกันทั้งหมด



รูปที่ 4.17 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงของทุเรียนดิบ

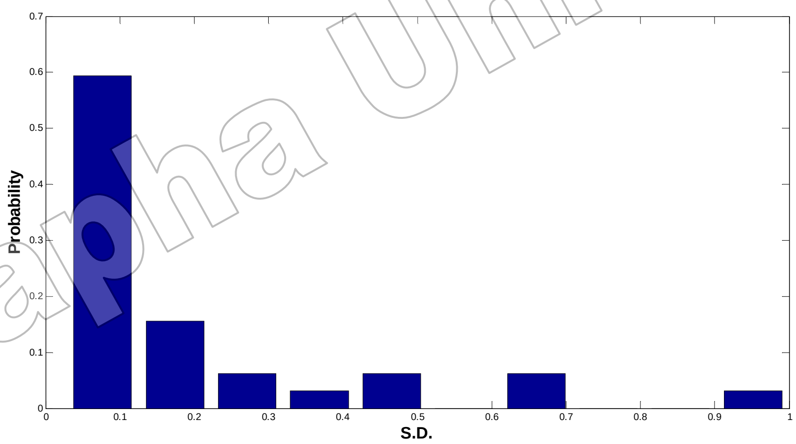
2.10 จากนั้นนำมาแบ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้เป็น 10 ช่วง กว้างช่วงละ 0.1 และหาค่าความแตกต่างของทุเรียนดิบและสุกโดยใช้วิธี PDF เพื่อบ่งบอกและแยกประเภทของค่าความสุกดิบของทุเรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.18 การแบ่งช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 ช่วง ช่วงละ 0.1 ของสัญญาณเสียงทุเรียนดิบ

2.11 จากนั้นนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละช่วงทั้ง 10 ช่วงมาหาค่าความน่าจะเป็น เพื่อหาความแตกต่างระหว่างสัญญาณเสียงของทุเรียนดิบและสุก จากนั้นเก็บข้อมูลที่ได้นี้เป็นตัวอย่างการแยกประเภทของทุเรียน จากรูปที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ช่วงแรกจะมีค่ามากที่สุดและจะลดหลั่นกันตามรูปแบบของสัญญาณเสียงที่ได้จากเคาะด้วยเครื่องที่ออกแบบ



รูปที่ 4.19 ค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงทุเรียนดิบ

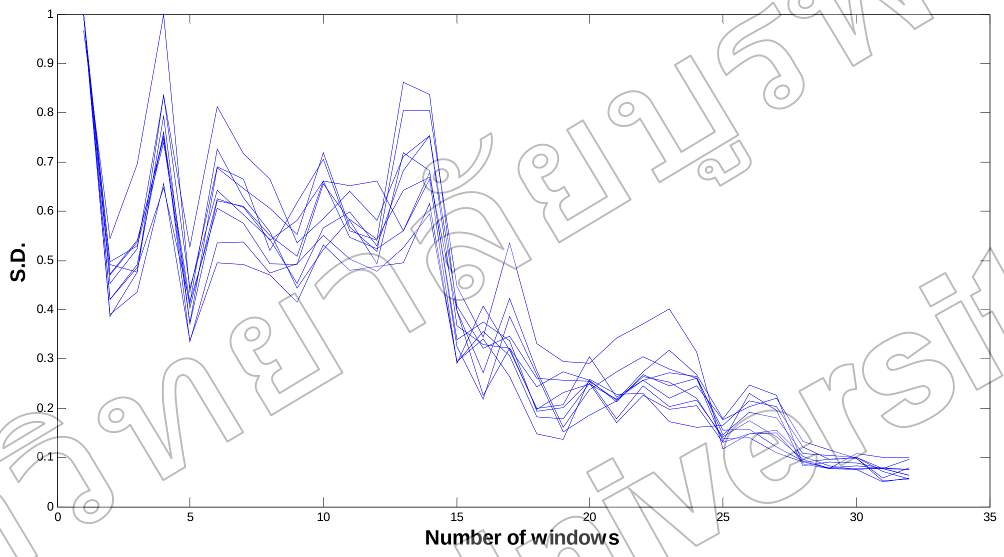
2.9 เมื่อประมวลผลและวิเคราะห์เสียงสัญญาณเรียบร้อยแล้วจะพบค่าความแตกต่างระหว่างทุเรียนดิบและสุก ซึ่งจะสามารถแสดงผลว่าสุกหรือดิบได้โดยแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และแสดงค่าที่หลอด LED บนเครื่องเคาะด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1สับปะรด

จากการทดลองประมวลผลเสียงสัญญาณที่ได้จากการเคาะสับปะรด ด้วยแรงและตำแหน่งที่คงที่จะได้เสียงสัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่าๆกันเสมอ สามารถสังเกตเห็นได้จากตัวอย่างสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบที่เคาะบริเวณจุดเดียวกัน 10 ครั้ง

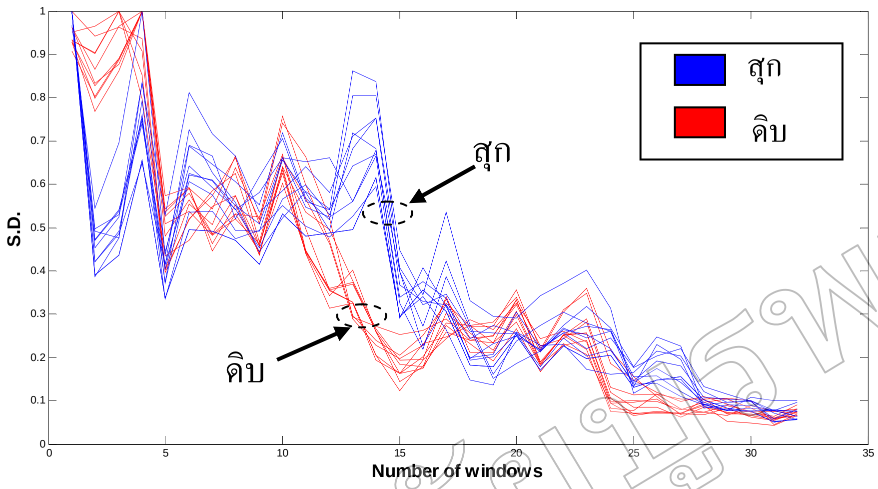


รูปที่ 4.20 ตัวอย่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบ 10 ครั้ง ที่ตำแหน่งและแรงคงที่

จากรูปจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างสัญญาณเสียงทั้ง 10 ครั้ง การเคาะด้วยแรงที่เท่ากันและในตำแหน่งเดียวกันค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงในแต่ละครั้งมีค่าเท่าๆกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ว่าเมื่อเคาะด้วยแรงและตำแหน่งที่คงที่จะได้สัญญาณเสียงที่คงที่ด้วย

เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบและสุกมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า มีช่วงที่เกิดความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

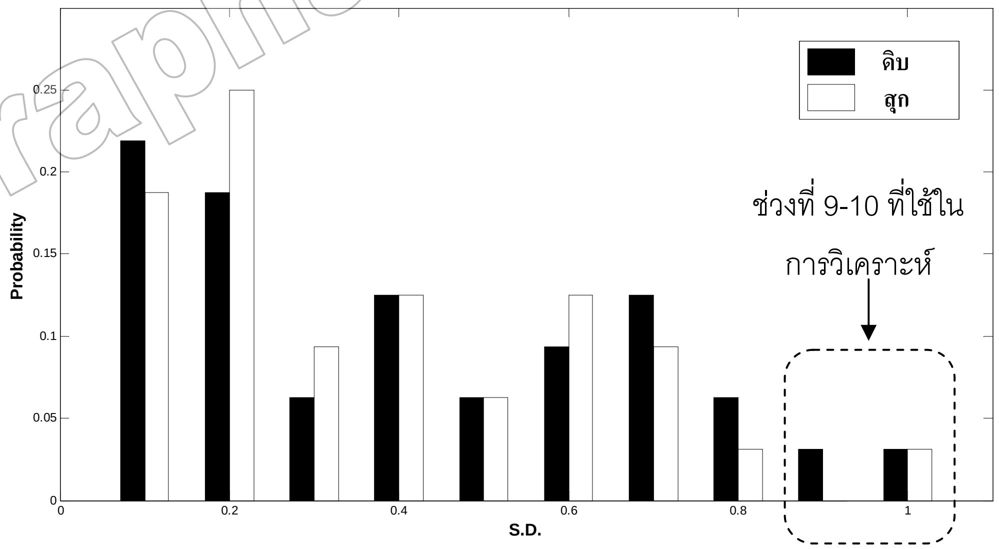
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสับปะรดดิบและสุก

จากรูปเส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัญญาณเสียงของสับปะรดสุก10 ครั้ง และเส้นกราฟสีแดงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสับปะรดดิบ 10 ครั้ง ซึ่งเราสนใจสัญญาณเสียงที่ 4,096 จุด แบ่งเป็นช่วง กว้างช่วงละ 128 จุด ได้ 32 ช่วง ดังรูป เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาหาค่าความน่าจะเป็นพบว่าเมื่อแบ่งช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 ช่วง ช่วงละ 0.1

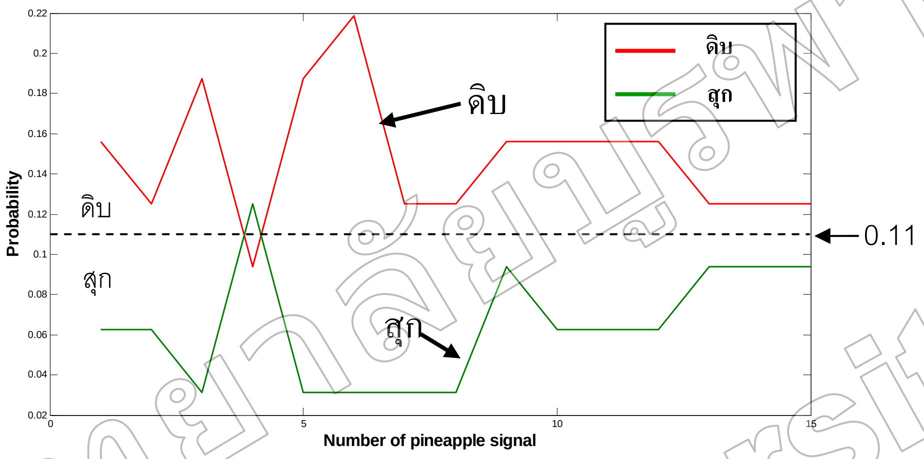
จากการทดลองพบว่าสัญญาณเสียงที่นำมาประมวลผลด้วยวิธีการดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะแตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองจะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่มีความแตกต่างกันตลอดทุกสัญญาณเสียงและจะสามารถใช้ในการวิเคราะห์เพื่อแยกแยะค่าความสุกดิบได้ คือค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสับปะรดดิบและสุก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากรูปจะเห็นได้ว่า กราฟสีดำเป็นของสับปะรดดิบและกราฟสีขาวเป็นของสับปะรดสุกค่าความหนาแน่นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 ของสับปะรดสุกจะน้อยกว่าของสับปะรดดิบ จึงนำค่าจากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าตัดสินใจ โดยนำผลรวมของค่าความหนาแน่นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างสับปะรดดิบและสุก ช่วงที่ 9 - 10 มาใช้ในการวิเคราะห์



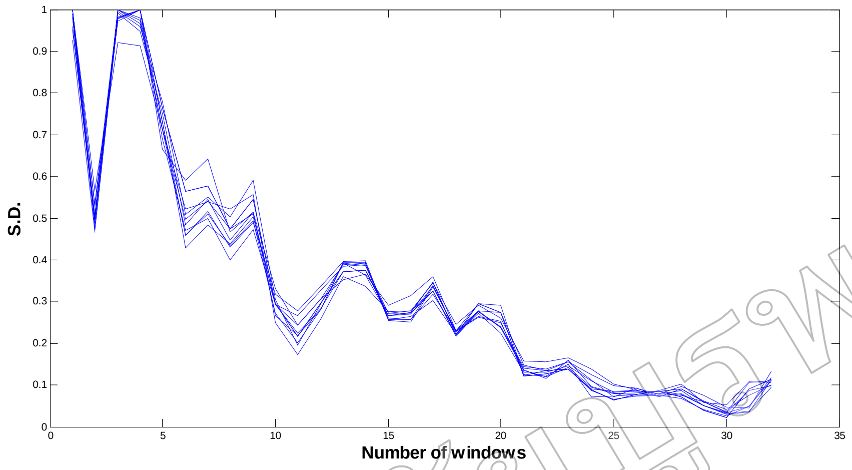
รูปที่ 4.23 ช่วงการตัดสินใจช่วงที่ 9 และ 10 ของสับปะรด

เมื่อนำค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียง มาเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟสีเขียวเป็นของสับปะรดสุก เส้นกราฟสีแดงเป็นของสับปะรดดิบจะสามารถแบ่งช่วงการตัดสินใจที่ใช้ในการวัดความสุกดิบของผลไม้ได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงของสับปะรดที่มีค่าน้อยกว่า 0.11 จะเป็นสับปะรดสุก และค่าที่มากกว่า 0.11 เป็นสับปะรดดิบ

4.3.2 ทุเรียน

จากการทดลองประมวลผลเสียงสัญญาณที่ได้จากการเคาะผลทุเรียน ด้วยแรงและตำแหน่งที่คงที่ จะได้เสียงสัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่าๆกันเสมอ สามารถสังเกตเห็นได้จากตัวอย่างสัญญาณเสียงของสับปะรดดิบที่เคาะบริเวณจุดเดียวกัน 10 ครั้ง ดังรูปที่ 4.26

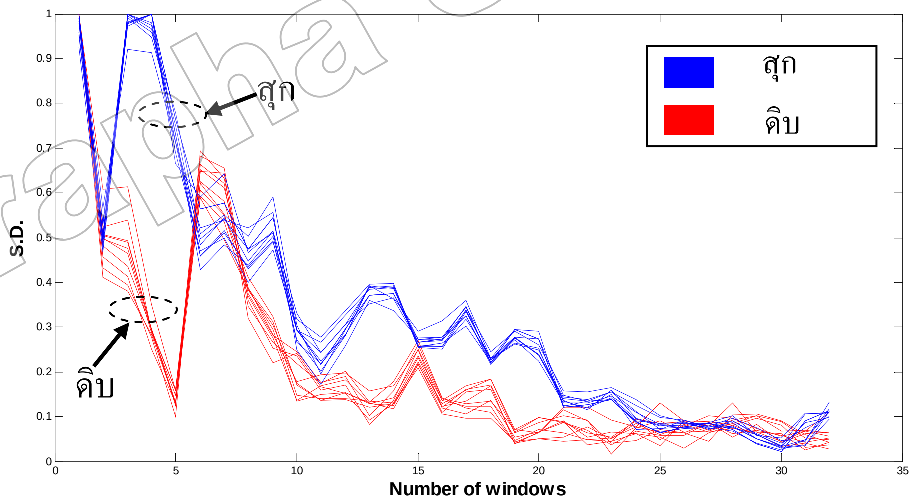
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.24 ตัวอย่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงทุเรียน 10 ครั้ง ที่ตำแหน่งและแรงคงที่

จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างสัญญาณเสียงทั้ง 10 ครั้งที่มีการกำหนดการเคาะที่ตำแหน่งเดียวกันและมีขนาดแรงในการเคาะแต่ละครั้งมีค่าเท่ากันจะได้สัญญาณเสียงที่มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่าๆกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ว่า เมื่อเคาะด้วยแรงและตำแหน่งที่คงที่จะได้สัญญาณเสียงที่มีค่าคงที่ด้วย

เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัญญาณเสียงของทุเรียนดิบและสุกมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่ามีช่วงที่เกิดความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด



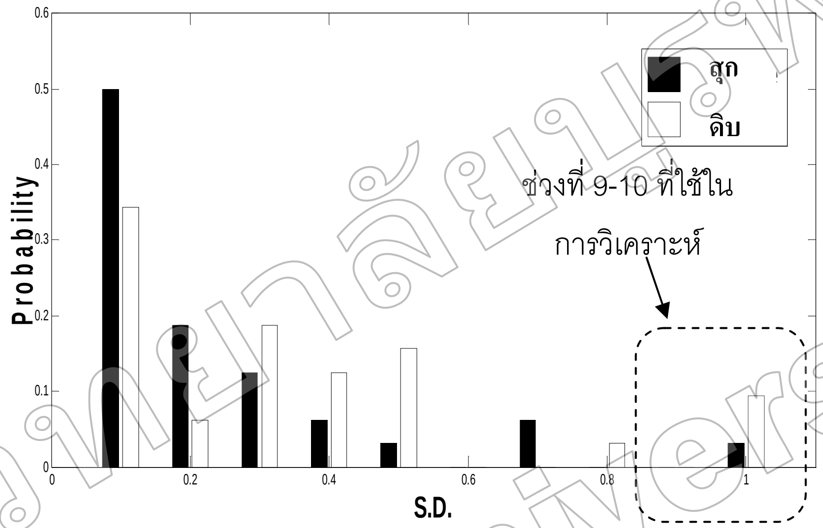
รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงทุเรียนดิบและสุก

เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัญญาณเสียงของทุเรียนสุก และเส้นกราฟสีแดงเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุเรียนดิบ ซึ่งเราสนใจสัญญาณเสียงที่ 4,096 จุด แบ่งเป็นช่วงย่อย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กว้างช่วงละ 128 จุด ได้ 32 ช่วง ดังรูป เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาหาค่าความน่าจะเป็นพบว่าเมื่อแบ่งช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 10 ช่วง ช่วงละ 0.1

จากการทดลองพบว่าสัญญาณเสียงที่นำมาประมวลผลด้วยวิธีการดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะแตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองจะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่มีความแตกต่างกันตลอดทุกสัญญาณเสียงและจะสามารถใช้ในการแยกแยะค่าความสุกดิบได้ คือค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9-10



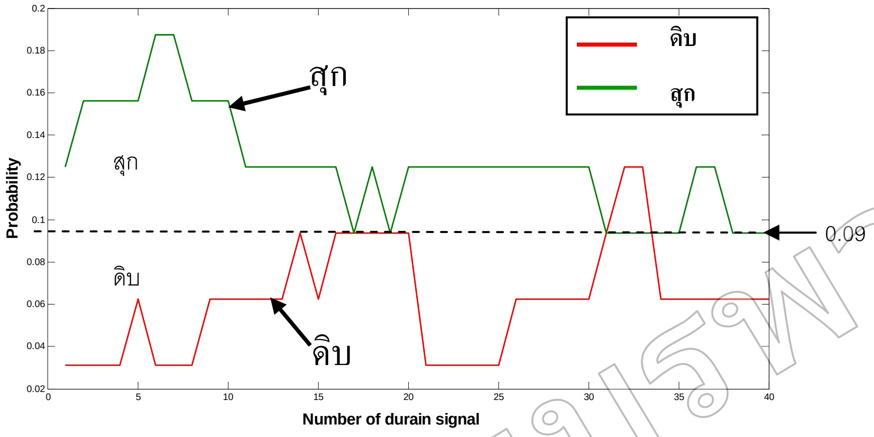
รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างทุเรียนดิบและสุก

จากรูปจะเห็นได้ว่ากราฟแท่งสีขาวเป็นของทุเรียนสุกและกราฟแท่งสีดำเป็นของทุเรียนดิบ เมื่อแบ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานออกเป็น 10 ช่วงเพื่อหาค่าความน่าจะเป็น จากการทดลองกับสัญญาณเสียงของทุเรียนเมื่อทุเรียนมีความสุกเพิ่มมากขึ้น ค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่เข้าใกล้ 1 จะมีค่ามากกว่าทุเรียนดิบ ดังนั้นจึงสามารถชี้วัดความสุกของทุเรียนได้ว่าสัญญาณเสียงที่มีค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานช่วงที่ 9 - 10 สามารถแยกแยะค่าความสุกดิบของทุเรียนได้

โดยค่าตัดสินใจเพื่อใช้ในการคัดแยกค่าความสุกดิบของทุเรียนแบ่งได้ 2 ค่า ตามการคัดแยกเกรดของทุเรียนคือ เกรด A ที่น้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. และ เกรด B ที่น้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก.

ค่าตัดสินใจจากการทดลองของทุเรียนเกรด A ที่น้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. สามารถหาได้จากค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานช่วงที่ 9 - 10 ดังรูปที่ 4.27

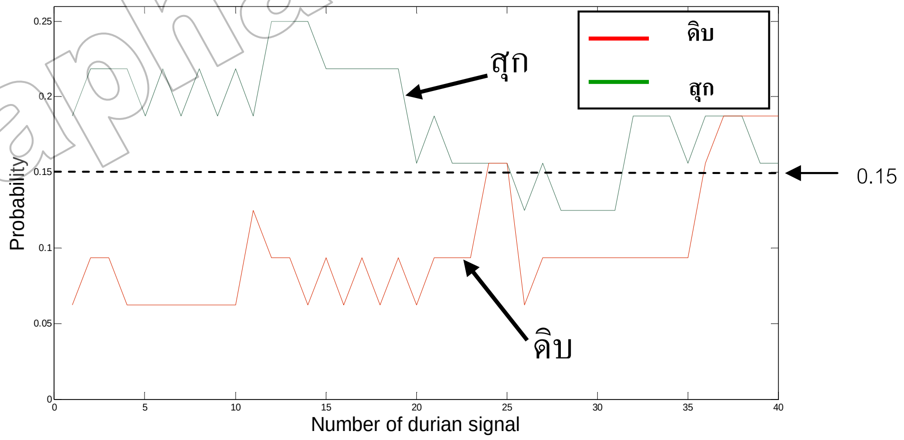
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.27 ช่วงการตัดสินใจช่วงที่ 9 และ 10 ของทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก.

เมื่อนำค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียง มาเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 4.27 จะเห็นได้ว่าเป็นกราฟค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงบนมาตรฐานช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียงทุเรียนสุกและดิบน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวเป็นของค่าของทุเรียนสุกและเส้นกราฟสีแดงเป็นค่าของทุเรียนดิบ จากรูปการกำหนดค่าตัดสินใจที่ใช้ในการวัดความสุกดิบของผลไม้คือช่วงที่มีค่ามากกว่า 0.09 เป็นค่าของทุเรียนสุก และช่วงที่มีค่าน้อยกว่า 0.09 เป็นทุเรียนดิบ

ค่าตัดสินใจจากการทดลองของทุเรียนเกรด B ที่น้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. สามารถหาได้จากค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานช่วงที่ 9 - 10 ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 ช่วงการตัดสินใจช่วงที่ 9 และ 10 ของทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก.

เมื่อนำค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียง มาเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 4.28 จะเห็นได้ว่ากราฟค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงบนมาตรฐานช่วงที่ 9 - 10 ของสัญญาณเสียงทุเรียนสุกและดิบน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. ซึ่งเส้นกราฟสีเขียวเป็นของค่าของทุเรียนสุก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และเส้นกราฟสีแดงเป็นค่าของทุเรียนดิบ จากรูปการกำหนดค่าตัดสินใจที่ใช้ในการวัดความสุกดิบของผลไม้คือช่วงที่มีค่ามากกว่า 0.15 เป็นค่าของทุเรียนสุก และช่วงที่มีค่าน้อยกว่า 0.15 เป็นทุเรียนดิบ

จากการทดลองสามารถสรุปค่าความถูกต้องในการตรวจวัดความสุกดิบของผลไม้ตัวอย่างทั้งสองชนิด โดยการพิจารณาระดับความสุกและดิบจะใช้หลักเกณฑ์ของชาวสวนเป็นดัชนีเปรียบเทียบกับวิธีการประมวลผลเสียงเคาะที่ได้จากวิธีการดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยค่าความถูกต้องของการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทดลอง

ผลไม้	**ความถูกต้อง (%)**
ทุเรียนหมอนทอง (4.0-4.5 กก.)	88.7
ทุเรียนหมอนทอง (3.5-4.0 กก.)	85.0
สับปะรด	95.0
ผลรวมเฉลี่ย	89.6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้นำเสนอการวัดความสุกดิบของผลไม้แบบไม่ทำลายด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ ผลการทดสอบแยกแยะความสุกดิบของผลไม้ด้วยสัญญาณเสียงเคาะที่วัดได้จากเครื่องต้นแบบ ในการทดสอบกับผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองและสับปะรดที่มีลักษณะใกล้เคียงตามมาตรฐานการส่งออกโดยวิธีการกำหนดตำแหน่งและแรงเคาะที่คงที่ มีความถูกต้องในการแยกแยะความสุกดิบของผลไม้ตัวอย่างได้โดยเฉลี่ย 89.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความถูกต้องของการวัดความสุกดิบของทุเรียนพันธุ์หมอนทองน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. มีค่า 88.7 เปอร์เซ็นต์, ทุเรียนพันธุ์หมอนทองน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. มีค่า 85.0 เปอร์เซ็นต์ และสับปะรดมีค่า 95.0 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหาและแนวทางการพัฒนา

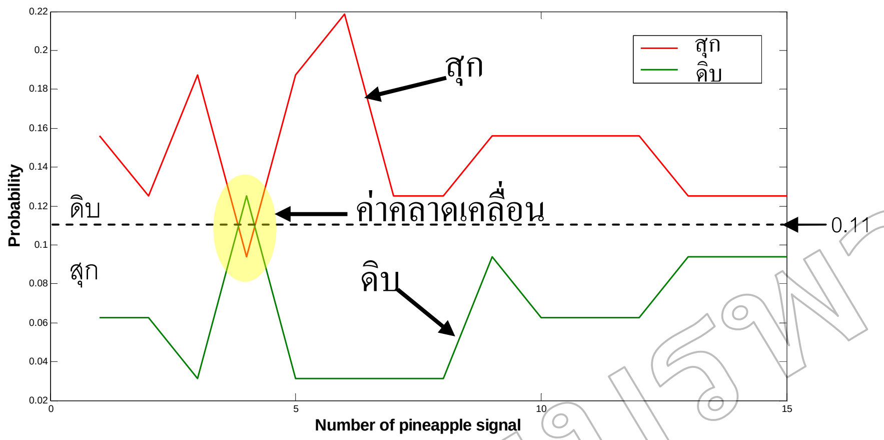
ข้อบกพร่องที่ได้รับจากการทดลองจำเป็นต้องแก้ไขเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยมีแนวทางแก้ไขและพัฒนาดังนี้

1. มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองยังมีแรงในการตียังไม่พอ ซึ่งมอเตอร์ที่เลือกใช้ในการทำโครงงานขนาด 12VDC 8.33A 2,700 รอบต่อนาที จึงไม่สามารถปรับขนาดแรงให้เลือกได้หลากหลาย แก้ไขได้โดยอาจเลือกมอเตอร์ที่มีความเร็วมากกว่านี้ ซึ่งจะทำให้สามารถปรับให้มอเตอร์มีความแรงและเบาได้หลายระดับมากยิ่งขึ้นและสามารถรองรับโหลดที่มากกว่านี้ได้ โดยไม่ลดทอนความเร็วมอเตอร์มากนัก นอกจากนี้กระแสสตาร์ทเริ่มต้นของมอเตอร์มีมาก ทำให้ต้องใช้หม้อแปลงที่มีกระแสมาก และความเร็วเริ่มต้นของมอเตอร์จะค่อยๆเพิ่ม แต่จากโครงงานใช้รอบในการหมุนไม่เกิน 1 รอบ ทำให้ความเร็วในการหมุนเริ่มต้นไม่เพียงพอ ทำให้แรงที่ได้ในการตีลดลงไม่ตรงกับประสิทธิภาพที่มอเตอร์ทำได้

2. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดความสุกดิบอาจเกิดจากตัวอย่างผลไม้ที่นำมาทดลองอยู่ในช่วงที่เรียกว่ากึ่งสุกกึ่งดิบ ทำให้ผลจากการวัดด้วยการแบ่งประเภทการตัดสินใจเพียงสุกและดิบเกิดความคลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาเพิ่มช่วงการตัดสินใจกึ่งสุกกึ่งดิบเข้าไปในกระบวนการคัดแยกเพื่อช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดความสุกดิบของผลไม้ให้ลดลง

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าความสุกดิบของสับปะรดพบว่าเกิดได้จากผลของสับปะรดที่นำมาเป็นผลไม้ตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งจะเห็นค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้จากรูปที่ 5.1

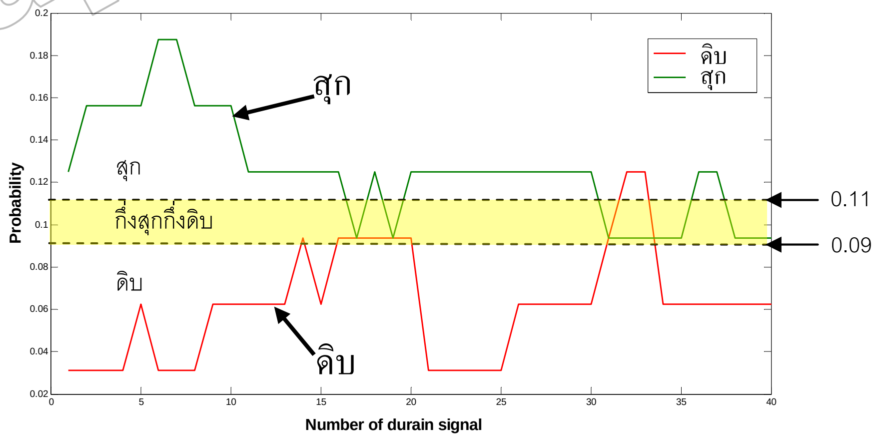
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 5.1 ช่วงการตัดสินใจความสุกดิบของสับปะรดและค่าคลาดเคลื่อน

จากรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าสัญญาณเสียงของค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 (ดังรูปที่ 4.22) จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากความกึ่งสุกกึ่งดิบของผลไม้ อาจแก้ไขได้โดยการเพิ่มช่วงการตัดสินใจในการวัดช่วงกึ่งสุกกึ่งดิบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวัดค่าความสุกดิบด้วยวิธีการที่ได้นำเสนอ

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าความสุกดิบของทุเรียนเกรด A น้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. อาจเกิดขึ้นได้จากความไม่แน่นอนของผลทุเรียนหรืออาจเกิดได้จากทุเรียนกึ่งสุกกึ่งดิบ ซึ่งลักษณะของทุเรียนเช่นนี้ทำให้เกิดความผิดพลาดจากการคัดแยกด้วยค่าตัดสินใจเพียงค่าเดียวได้ ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น จึงมีการเพิ่มค่าช่วงกึ่งสุกกึ่งในการคัดแยกเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่อง สามารถหาค่าที่ใช้ในการตัดสินค่าความสุก ดิบ หรือกึ่งสุกกึ่งดิบได้จากรูปที่ 5.2

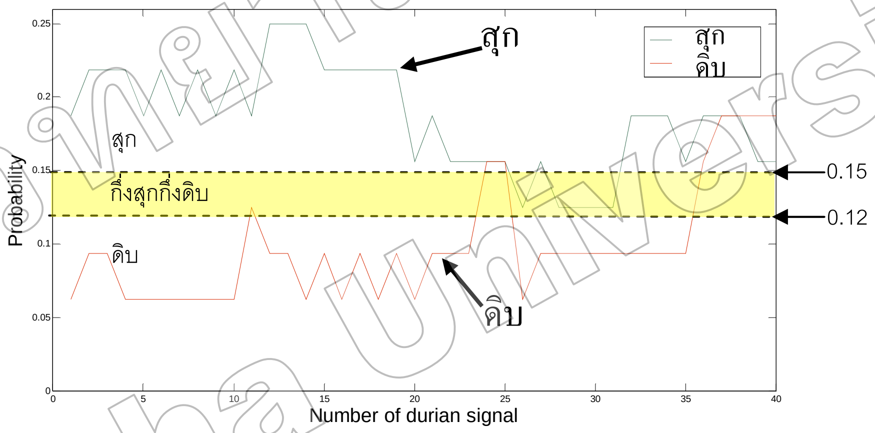


รูปที่ 5.2 ช่วงการตัดสินใจความสุกดิบของทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. (เกรด A)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 สัญญาณเสียงของทุเรียนน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากความกึ่งสุกกึ่งดิบของผลไม้ จึงเพิ่มช่วงการคัดแยกได้ โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 ที่มีค่ามากกว่า 0.11 เป็นทุเรียนสุก ค่าน้อยกว่า 0.09 เป็นทุเรียนดิบ และค่าที่อยู่ระหว่าง 0.09 - 0.11 เป็นทุเรียนกึ่งสุกกึ่งดิบ

ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าความสุกดิบของทุเรียนเกรด B น้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. อาจเกิดขึ้นได้จากความไม่แน่นอนของผลทุเรียนหรืออาจเกิดได้จากทุเรียนกึ่งสุกกึ่งดิบ ซึ่งลักษณะของทุเรียนเช่นนี้ทำให้เกิดความผิดพลาดจากการคัดแยกด้วยค่าตัดสินใจเพียงค่าเดียวได้ ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น จึงมีการเพิ่มค่าช่วงกึ่งสุกกึ่งในการคัดแยกเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่อง สามารถหาค่าที่ใช้ในการตัดสินค่าความสุก ดิบ หรือกึ่งสุกกึ่งดิบได้จากรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ช่วงการตัดสินใจความสุกดิบของทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. (เกรด B)

จากรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 สัญญาณเสียงของทุเรียนน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก. จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากความกึ่งสุกกึ่งดิบของผลไม้ จึงเพิ่มช่วงการคัดแยกได้ โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่ 9 - 10 ที่มีค่ามากกว่า 0.15 เป็นทุเรียนสุก ค่าน้อยกว่า0.12 เป็นทุเรียนดิบ และค่าที่อยู่ระหว่าง 0.12 - 0.15 เป็นทุเรียนกึ่งสุกกึ่งดิบ

ซึ่งวิธีการเพิ่มช่วงการตัดสินใจประเภทกึ่งสุกกึ่งดิบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องของการวัดค่าความสุกดิบของผลไม้ได้ ดังตารางที่ 5.1

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ 5.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเมื่อทำการปรับปรุงแล้ว

ผลไม้	ความถูกต้อง* (%)	ความถูกต้องใหม่** (%)
ทุเรียนหมอนทอง (4.0 - 4.5 กก.)	88.7	96.97
ทุเรียนหมอนทอง (3.5 - 4.0 กก.)	85.0	90.54
ผลรวมเฉลี่ย	86.4	93.76

* พิจารณาจากระดับความสุกและดิบของผลไม้

** พิจารณาจากระดับความสุก ดิบ และกึ่งสุกกึ่งดิบของผลไม้

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการวัดระดับความสุกดิบโดยนำระดับกึ่งสุกกึ่งดิบพิจารณาร่วมด้วย พบว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทองน้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก.(เกรด A) จาก 88.7 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มเป็น 96.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มขึ้น 8.27 เปอร์เซ็นต์ และค่าความถูกต้องของการวัดทุเรียนพันธุ์หมอนทองน้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก.(เกรด B) จาก 85.0 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มเป็น 90.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มขึ้น 5.54 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าความถูกต้องเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.36 เปอร์เซ็นต์

3. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากวิธีการประมวล ซึ่งวิธีการประมวลผลสัญญาณเสียงนั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ ถ้าใช้วิธีการประมวลผลที่มีความละเอียดมากขึ้นจะทำให้การวัดค่าความสุกดิบของผลไม้มีความถูกต้องมากขึ้นด้วย

4. การนำเครื่องต้นแบบไปใช้งานจริงบริเวณพื้นที่ที่มีความดังเสียงมากกว่า 40 dB อาจทำให้การประมวลผลจากเสียงนั้นผิดพลาดได้ซึ่งเกิดจากเสียงสัญญาณรอบข้างมีความดังเทียบเท่ากับเสียงที่นำมาวิเคราะห์ ในการพัฒนาขั้นต่อไปอาจเพิ่มโปรแกรมช่วยในการลดทอนสัญญาณเสียงที่ไม่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถแยกและนำเฉพาะเสียงสัญญาณที่ได้จากการเคาะเท่านั้นไปประมวลผล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, [Online]. แหล่งที่มา: www.dft.moc.go.th/the_files/$$16/level4/DURAIN49.doc

[2] S.Trirongjitmoah, A. Suriya, K. Jantacamut and M. Kuankru, "Pineapple Ripeness Assessment System Using an Electronic Nose and Neural Networks", in EECON-29 , at Ambassador City Jomtien, Pattaya, Thailand, 9-10 November 2006.

[3] A. Terdwongwarakul, W. Srichonpet, K. Poniyom and A. Sukchareon, "Investigation of change of exponential frequency index as related to durian maturity", In Proceedings of 5th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering. 3-10 September 1997, UC Davis, California USA.

[4] S. Kongrattanaprasert, S. Arunrungrusmi, B. Pungsiri, K. Chomnongthai, "Nondestructive Maturity Determination of Durian by Force Vibration", Circuits and Systems, 2001. ISCAS 2001. The 2001 IEEE International Symposium., Vol.2, pp. 441-444, May 2001.

[5] T. Rutpralom, P. Kumhom and K. Chamnongthai, "Nondestructive Maturity Determination of Durian by Using Microwave Moisture Sensing", Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02. 2002 IEEE International Conference., Vol.1, pp. 155- 158, Apr 2003.

[6] N. Kittiamornkul, K. Jiraseriamornkul, K. Chamnongthai, M. Krairiksh and K. Higuchi, "System Design of Durian Maturity Determination using Microstrip Patch Antennas", SICE Annual Conference 2007., pp.2875-2879, 17-20 Sep 2007.

[7] S. Saimek, J. Nuadkum, W. Piyarat, "A study for ripeness of durian by Fast Fourier Transform (FFT)", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19, 19-21 ตุลาคม 2548.

[8] OP - AMP Site, [Online]. แหล่งที่มา: http://www.op-amp.th.gs/web-o/p-amp/page3.html

[9] ชุมนุมนวัตกรรม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, [Online]. แหล่งที่มา: https://www.ee.buu.ac.th/courseweb/mod/forum/discuss.php?d=6016

[10] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, [Online]. แหล่งที่มา: http://eestud.en.kku.ac.th/~u4019287/Projreport/pro1-6.doc

[11] Wikipedia, the free encyclopedia, [Online]. แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

[12] Personal webpage at NTNU, [Online]. แหล่งที่มา: http://folk.ntnu.no/stoylen/strainrate/Howto/Pitfalls.html

[13] ThaiLabVIEW, [Online]. แหล่งที่มา: http://www.thailabview.com/forum/showthread.php?p=244

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

[14] ALLDATASHEET, [Online]. แหล่งที่มา: http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/93911/MICROCHIP/PIC18F4550.html

[15] Wikipedia, the free encyclopedia, [Online]. แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[16] Wikipedia, the free encyclopedia, [Online]. แหล่งที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Probability_density_function

[17] ผศ.ดร. อิทธิโชติ จักรไพวงศ์ และ พนา บุณยประสิทธิ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, [Online]. แหล่งที่มา: http://gear.chuckpaiwong.com/files/pic/Project02_PWM.pdf

[18] กันญา โกสุมภ์ปิยะพล และคณะ, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, [Online]. แหล่งที่มา: http://agrieng.nextwaver.com/components/project/download.php?id_download_project_main=70&downloadClick=1

[19] NARISA.COM, [Online]. แหล่งที่มา:] http://www.narisa.com/forums/index.php?showtopic=6057&st=15

[20] ณัฐนันท์ ทัดพิทักษ์กุล . "การลดสัญญาณรบกวนของการจดจำเสียงพูดด้วยการแปลงเวฟเล็ตโดยการประมาณค่าจุด เปลี่ยน". 27 Electrical Engineering Conference (EECON27). พฤศจิกายน , 2547 .

[21] Data Classification, [Online]. แหล่งที่มา: http://www2.cs.science.cmu.ac.th/alumni/comp18/Seminar/DataMining/dataclassification.htm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการใช้เครื่องเคาะผลไม้และโปรแกรม FMD Software version 1.0

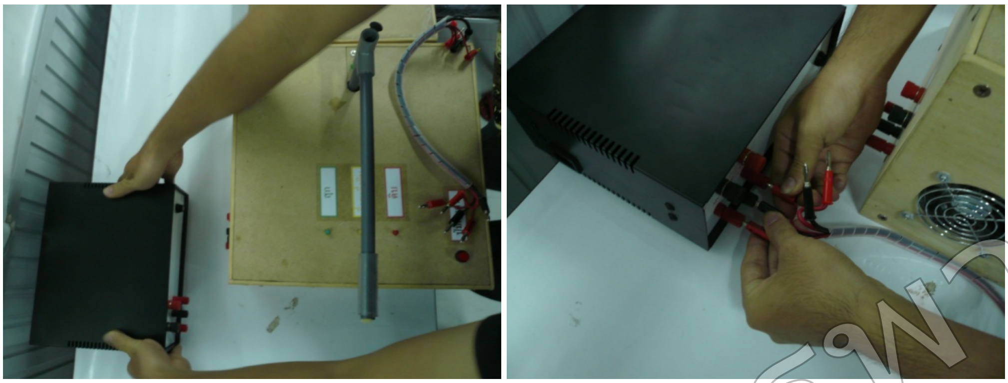
1.ขั้นตอนการใช้เครื่องเคาะ

1. ติดตั้งเครื่องเคาะ เครื่องเคาะที่ออกแบบประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนสำหรับเคาะผลไม้และส่วนจับก้านผลไม้ การติดตั้งทั้งสองส่วนนั้นจะว่างในแนวเดียวกันโดยมีระยะห่าง 8 ซม. ระหว่างส่วนเคาะและส่วนจับยึดก้าน เพื่อความแม่นยำของระยะห่างที่กำหนดเลือกใช้แผ่นไม้ที่มีความกว้าง 8 ซม. วางขั้นระหว่างส่วนทั้ง 2 ดังรูปที่ ก.1

รูปที่ ก.1 การติดตั้งเครื่องเคาะและส่วนจับยึด

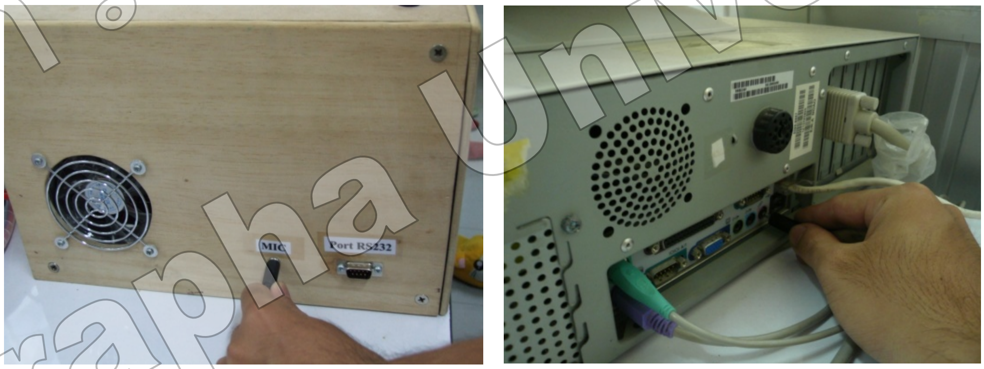
2. การติดตั้งแหล่งจ่ายไฟกับส่วนเคาะผลไม้ นำแหล่งจ่ายไฟวางไว้ที่ด้านหลังของส่วนเคาะและต่อสายไฟระหว่างแหล่งจ่ายและส่วนเคาะ ดังรูป ก.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ก.2 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับเครื่องเคาะที่ออกแบบ

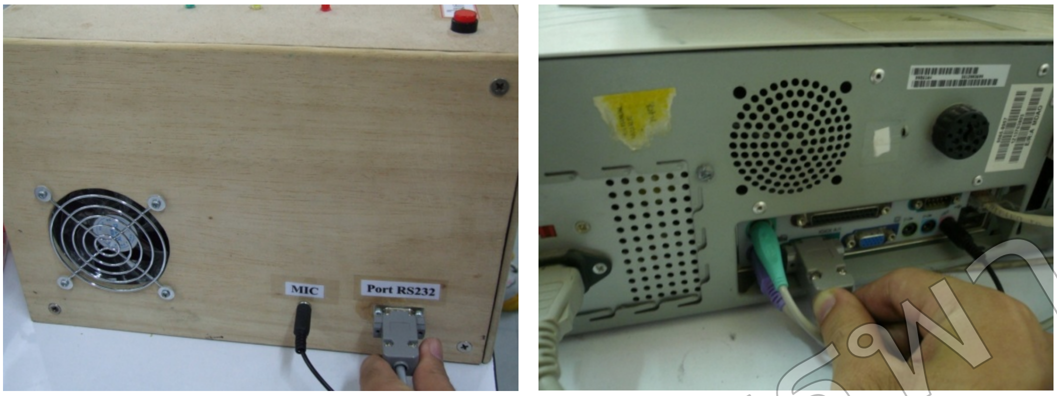
3. การต่อสายไมโครโฟนระหว่างส่วนเครื่องเคาะและเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำสัญญาณเสียงจากการเคาะไปประมวลผลด้วยโปรแกรมโดยใช้สายสำหรับต่อไมโครโฟนที่ปลายทั้งสองด้านเป็นแจ็คสำหรับเสียบ นำปลายด้านหนึ่งของแจ๊คไมโครโฟนมาเสียบที่ทางด้านข้างของแท่นเคาะและอีกด้านหนึ่งเสียบที่ช่องเสียบไมโครโฟนของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูป ก.3



รูปที่ ก.3 การเชื่อมต่อสายไมโครโฟนรับเสียงระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องเคาะ

4. การต่อสายพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS232 โดยนำปลายด้านหนึ่งของสายพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS232 มาเสียบที่ทางด้านข้างของแท่นเคาะและอีกด้านหนึ่งเสียบที่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูลการเคาะของเครื่องเคาะ และใช้ในการส่งข้อมูลการประมวลผลเพื่อแสดงผลการวัดความสุกของผลไม้ด้วยหลอด LED บนเครื่องเคาะ ดังรูป ก.4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ก.4 การต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS232 ระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องเคาะ

5. นำผลไม้มาจับยึดด้วยแขนจับยึดที่ออกแบบ โดยนำก้านของผลไม้ใส่เข้ากับตัวจับยึดก้านผลไม้ และหมุนตัวจับยึดให้ยึดก้านผลไม้ให้แน่น จากนั้นปรับระดับความสูงให้ไม้เคาะผลไม้อยู่ตรงกึ่งกลางผลของผลไม้ โดยโครงงานนี้ใช้ผลไม้ 2 ชนิดในการทดลองคือ ทุเรียนและสับปะรด

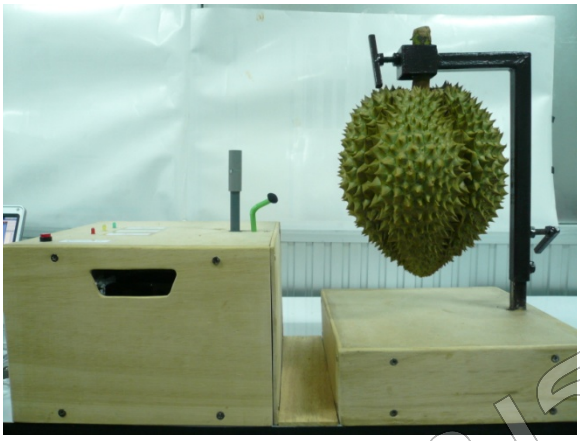
รูปที่ ก.5 การจับยึดก้านผลไม้ด้วยแขนจับยึดที่ออกแบบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ก.6 การปรับระดับความสูงของผลไม้ที่แขนจับยึด

รูปที่ ก.7 วัดระดับความสูงของผลไม้ให้กลางผล(กลางพลู)อยู่ตำแหน่งเดียวกับไม้เคาะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ก.8 หมุนไม้เคาะกลับมาตำแหน่งเริ่มต้น

6. จากนั้นเปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟเพื่อให้จ่ายไฟแก่วงจรภายในเครื่องเคาะ

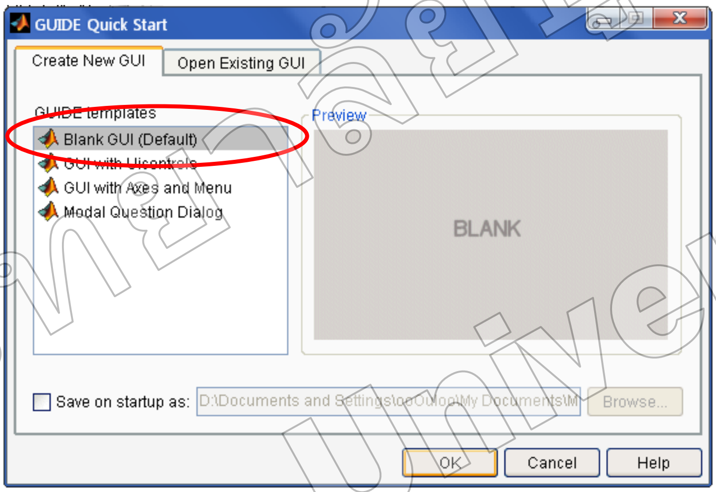
รูปที่ ก.9 เปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ขั้นตอนการใช้โปรแกรมประมวลผล FMD Software version 1.0

1. โปรแกรม FMD พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม MATLAB™ GUI การใช้โปรแกรม FMD ที่พัฒนาขึ้น จึงจำเป็นต้องมีโปรแกรม MATLAB™ ด้วย ซึ่งเริ่มต้นการใช้โปรแกรมจากเปิดโปรแกรม MATLAB™

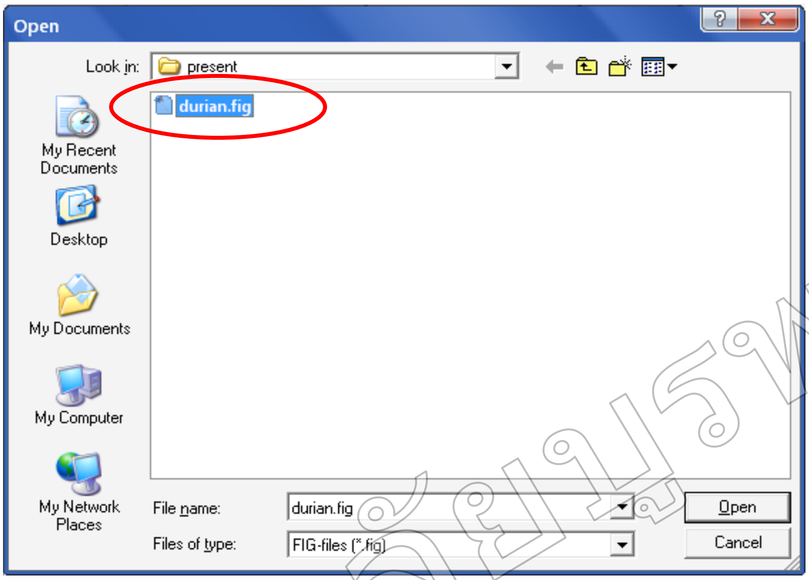
2. จะมีหน้าต่างสำหรับพิมพ์คำสั่งภายในโปรแกรม MATLAB™ การเรียกใช้โปรแกรม MATLAB™ GUI ทำได้โดยพิมพ์คำสั่งว่า guide ลงบนหน้าต่างคำสั่ง จะปรากฏหน้าต่าง GUIDE Quick Start ขึ้นมา กดเลือกสร้าง GUI ดังรูป ก.10



รูปที่ ก.10 หน้าต่างสร้าง GUI

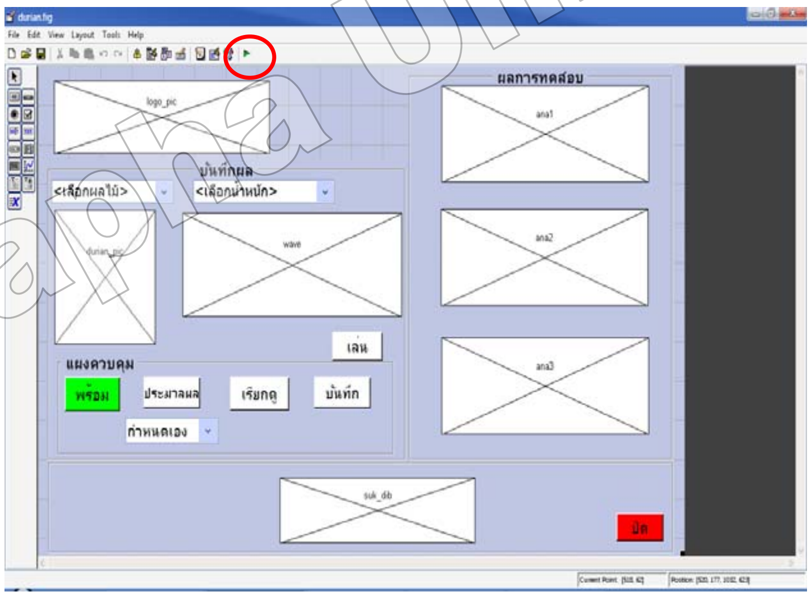
3. เมื่อปรากฏหน้าต่าง GUI ว่างแล้วกดเปิดไฟล์โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลชื่อ Durian.fig

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ก.11 เลือกโปรแกรมในการประมวลผล durian.fig

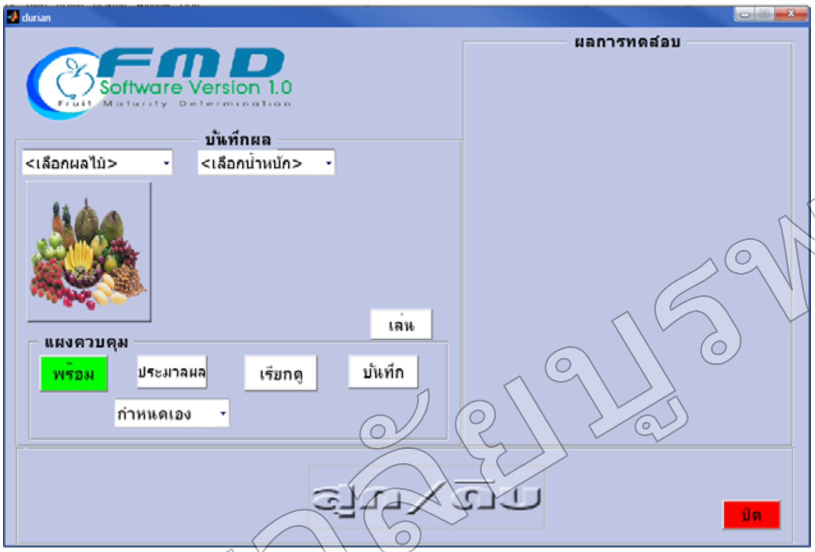
4. จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรม FMD ที่ออกแบบ จากนั้นกดปุ่มสามเหลี่ยมสีเขียว เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงาน



รูปที่ ก.12 หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบ

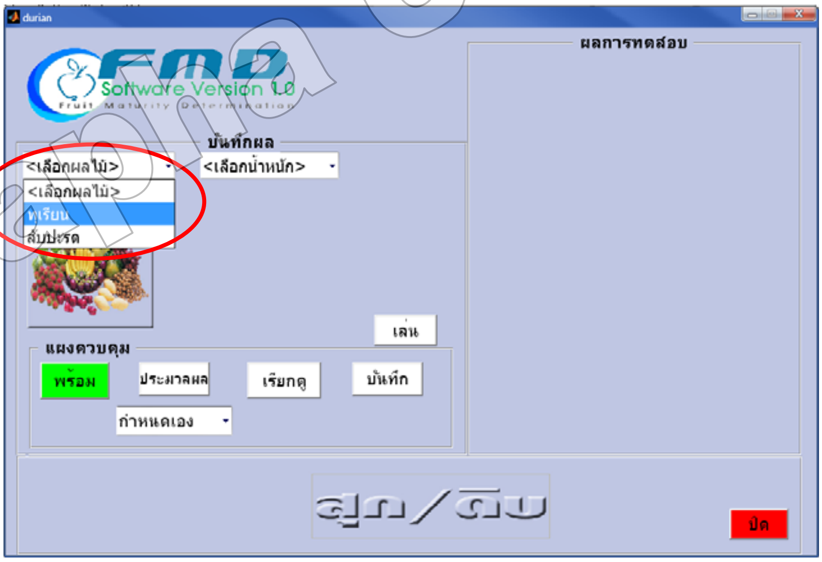
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. จากนั้นจะขึ้นหน้าต่างโปรแกรม FMD สำหรับใช้ในการประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะ



รูปที่ ก.13 โปรแกรม FMD ที่ออกแบบ

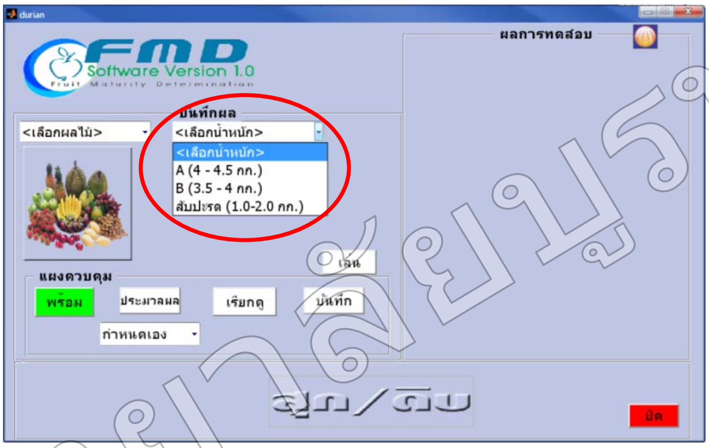
6. โปรแกรม FMD ที่ออกแบบสามารถใช้ประมวลผลสัญญาณเสียงเคาะของผลไม้ 2 ชนิดคือ ทุเรียนและสับปะรด ภายในโปรแกรมสามารถเลือกชนิดของผลไม้ได้



รูปที่ ก.14 เลือกผลไม้บนหน้าต่างโปรแกรม

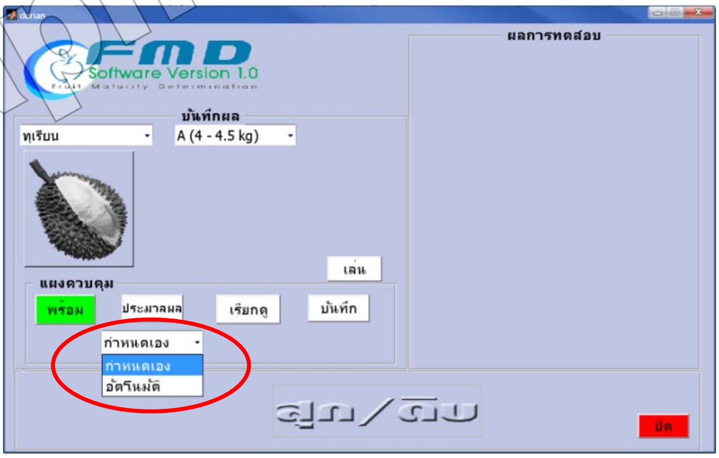
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. ในการประมวลผลสัญญาณเสียงของทุเรียนสามารถแบ่งแยกได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ เกรด A น้ำหนัก 4.0 - 4.5 กก. เกรดB น้ำหนัก 3.5 - 4.0 กก., และสับปะรดน้ำหนัก 1.0 - 2.0 กก. เมื่อเลือกชนิดของผลไม้แล้วขั้นตอนต่อมาจึงเลือกน้ำหนักของผลไม้ เพื่อให้การประมวลสัญญาณเสียงเคาะนั้นมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น



รูปที่ ก.15 เลือกน้ำหนักของผลไม้

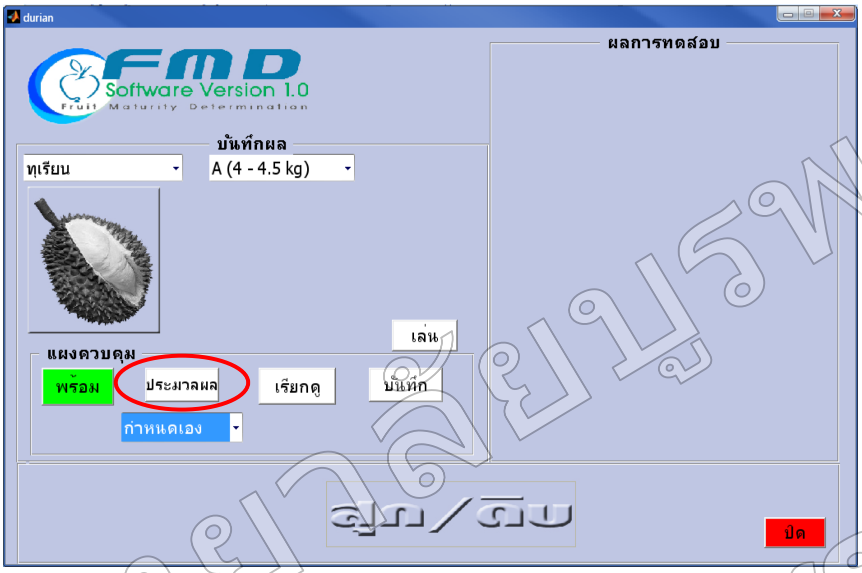
8. จากนั้นเลือกการประมวลผล ซึ่งการประมวลผลสามารถทำได้ 2 แบบคือ แบบกำหนดเองและแบบอัตโนมัติ โดยเลือกแบบกำหนดเองเมื่อได้รับสัญญาณเสียงเคาะแล้วต้องกดประมวลผลด้วยตนเอง เลือกแบบอัตโนมัติเมื่อได้รับสัญญาณเสียงเคาะแล้วจะแสดงการประมวลผลเองทันที



รูปที่ ก.16 เลือกวิธีการประมวลผล

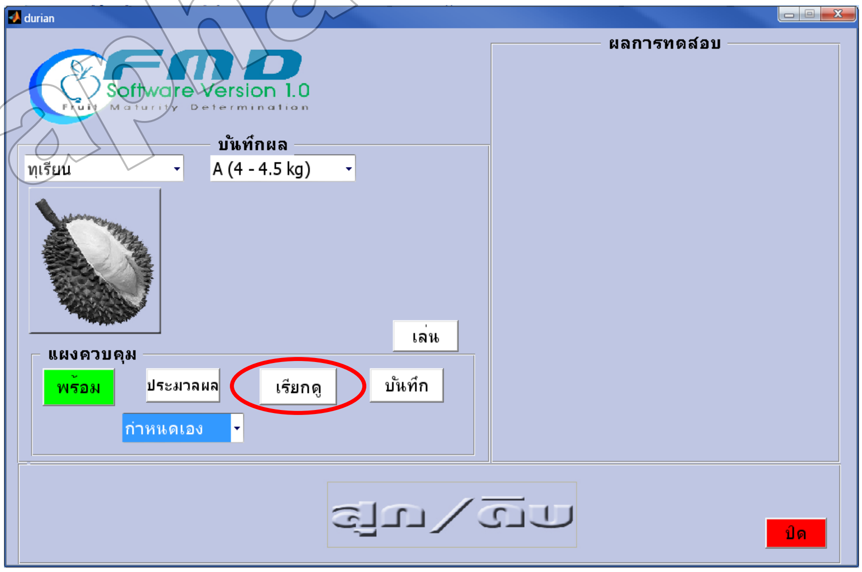
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

9. ปุ่มกดประมวลผล ใช้เมื่อเลือกการประมวลผลแบบกำหนดเอง เมื่อกดแล้วจะแสดงค่าการวิเคราะห์ผลของสัญญาณเสียงผลไม้ที่ทำการวัดความสุกดิบ



รูปที่ ก.17 ปุ่มประมวลผล

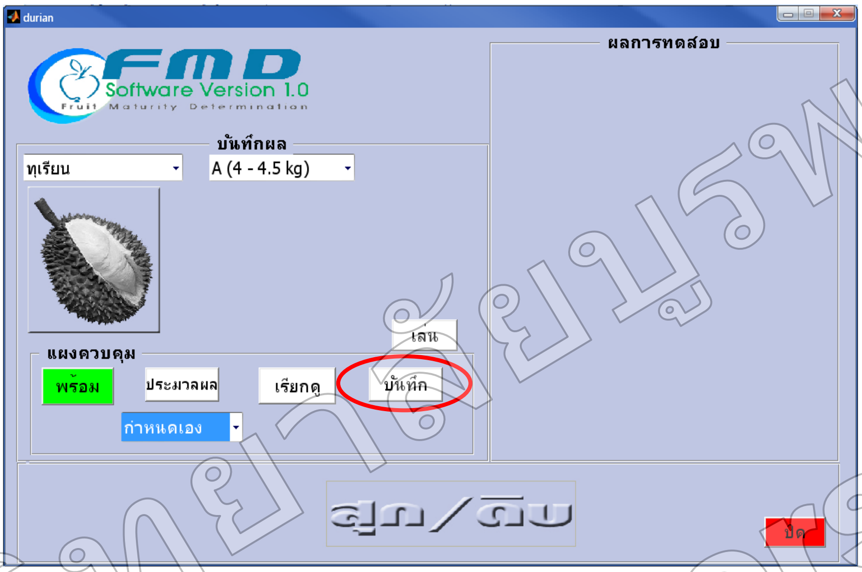
10. ปุ่มเรียกดู ใช้เพื่อเรียกดูไฟล์เสียงที่ได้บันทึกแล้วอยู่ในรูปแบบ .wav เมื่อเรียกไฟล์มาแล้วจะแสดงบนหน้าต่างโปรแกรมเช่นเดียวกับเสียงที่ได้จากการเคาะ



รูปที่ ก.18 ปุ่มเรียกดู

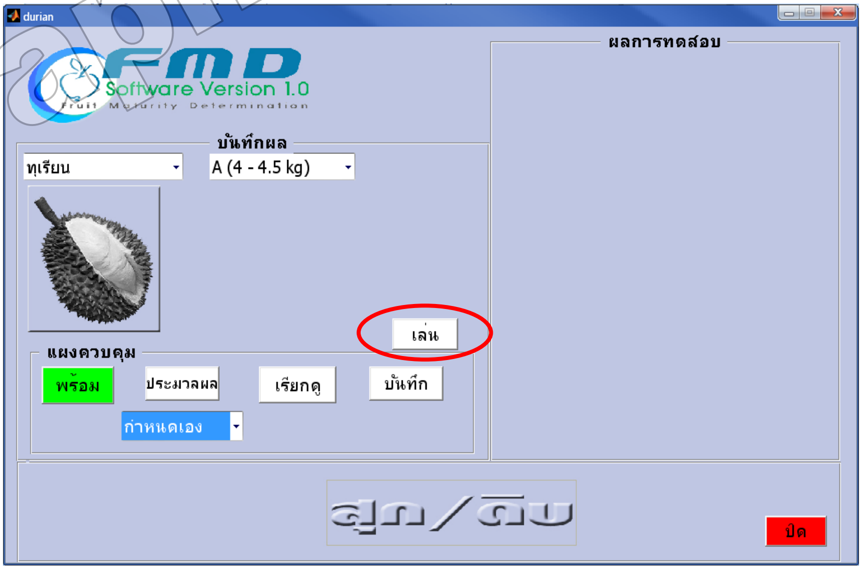
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

11. ปุ่มบันทึก ใช้สำหรับบันทึกสัญญาณเสียงที่ได้จากการเคาะผลไม้ เมื่อได้รับสัญญาณเสียงจากการเคาะด้วยเครื่องที่ออกแบบแล้วจะแสดงสัญญาณเสียงบนหน้าต่างโปรแกรม เมื่อกดปุ่มบันทึกจะสามารถบันทึกสัญญาณเสียงนั้นได้ ในรูปแบบ .wav



รูปที่ ก.19 ปุ่มบันทึก

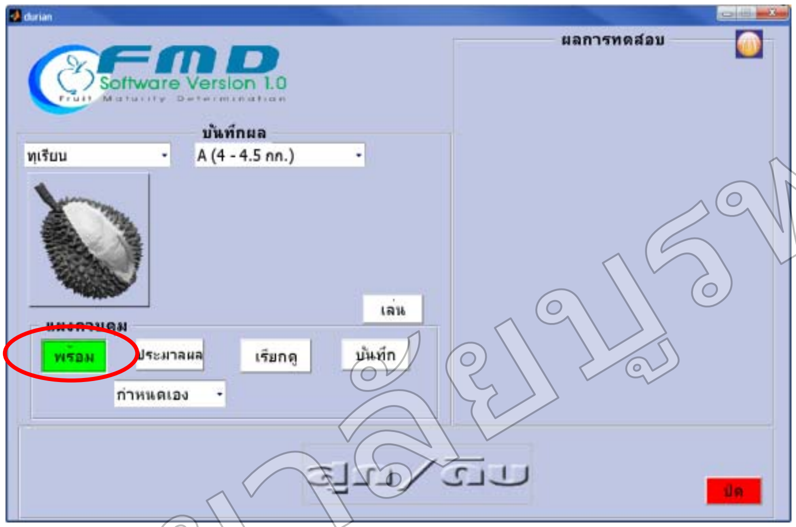
12. ปุ่มเล่น ใช้เพื่อเล่นไฟล์เสียงที่ได้จากการเคาะหรือไฟล์เสียงที่ทำการเรียกดู ซึ่งจะเป็นไฟล์เสียงที่แสดงบนหน้าต่างโปรแกรม เมื่อกดปุ่มเล่น จะแสดงสัญญาณเสียงนั้นๆ



รูปที่ ก.20 ปุ่มเล่น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

13. เมื่อเลือกฟังก์ชันในการประมวลเรียบร้อยแล้วกดปุ่มพร้อมบนหน้าต่างโปรแกรม เพื่อสั่งให้โปรแกรมพร้อมในการรอรับสัญญาณเสียงจากการเคาะด้วยเครื่องที่ออกแบบ



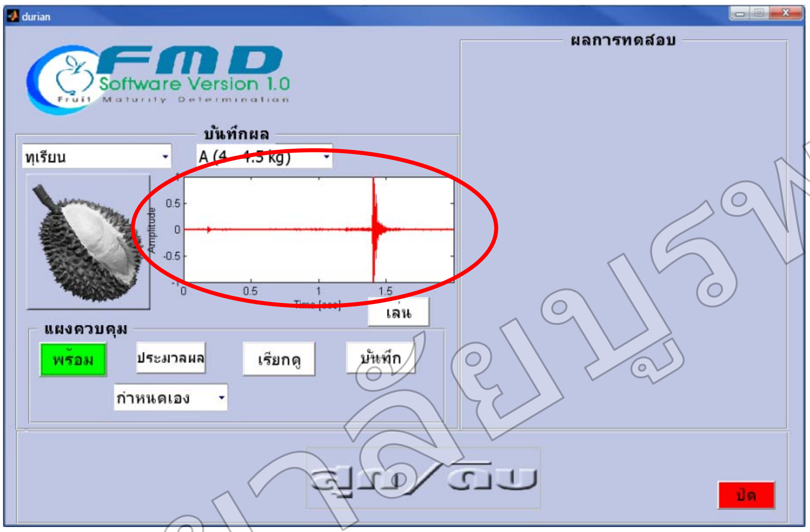
รูปที่ ก.21 ปุ่มพร้อมบันทึกเสียง

14. กดปุ่มเคาะบนตัวเครื่องเคาะที่ออกแบบ เพื่อสั่งให้ไม้เคาะหมุนไปเคาะที่ผลไม้ที่ติดตั้งไว้พร้อมทั้งสั่งให้โปรแกรมเริ่มการบันทึกเสียงสัญญาณ เมื่อไม้เคาะหมุนไปเคาะที่กลางผลของผลไม้แล้วจะหมุนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นและหยุดเองโดยอัตโนมัติ

รูปที่ ก.22 กดปุ่มเคาะบนเครื่องเคาะ

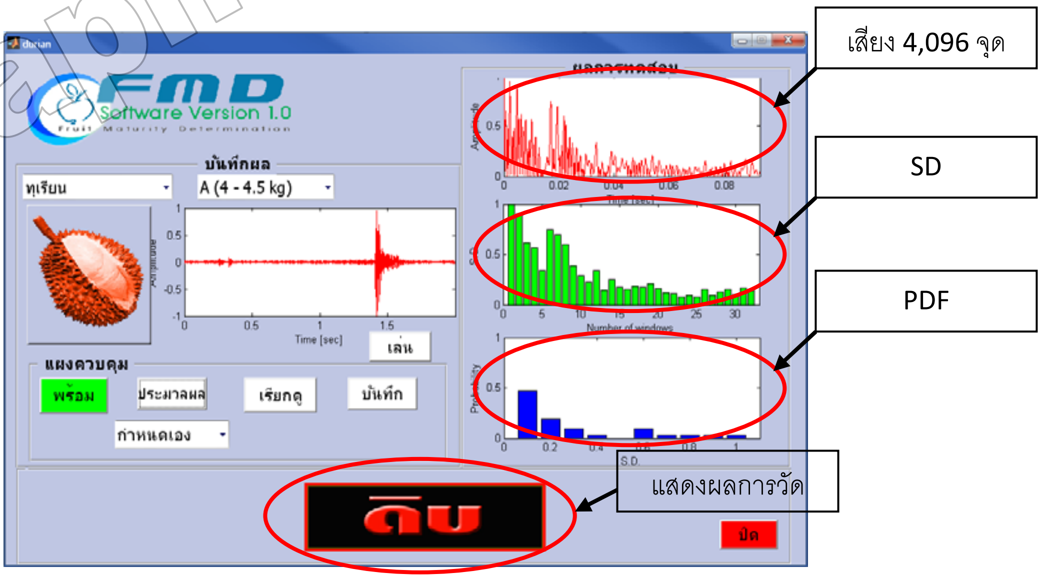
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

15. สัญญาณเสียงที่ได้จากการเคาะจะแสดงบนหน้าต่างโปรแกรม โดยมีความยาว 2 วินาที เริ่มตั้งแต่ไม้เคาะเริ่มหมุนจนกระทั่งเคาะกับผลไม้



รูปที่ ก.23 แสดงสัญญาณเสียงบนหน้าต่างโปรแกรม

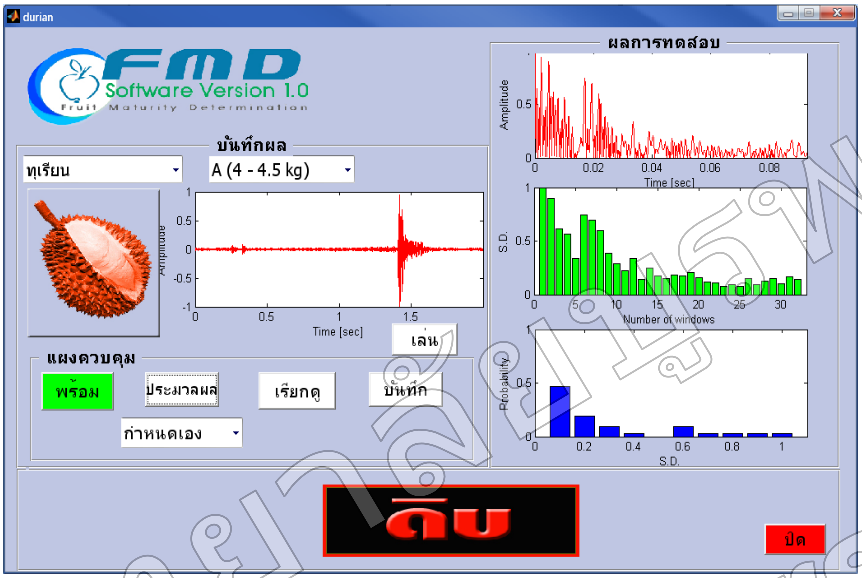
16. เมื่อโปรแกรมได้รับสัญญาณเสียงแล้ว จะทำการประมวลผลโดยจะแสดงช่วงความยาวเสียงที่เกิดเฉพาะเสียงเคาะที่ผ่านกระบวนการเตรียมสัญญาณเสียงและการตัดสินใจแล้ว ความยาว 92 ms และแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณเสียงที่ผ่านการแบ่งช่วงย่อย (windowing) และแสดงค่าความน่าจะเป็นของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแสดงผลการวัดค่าความสุกของผลไม้ด้วย



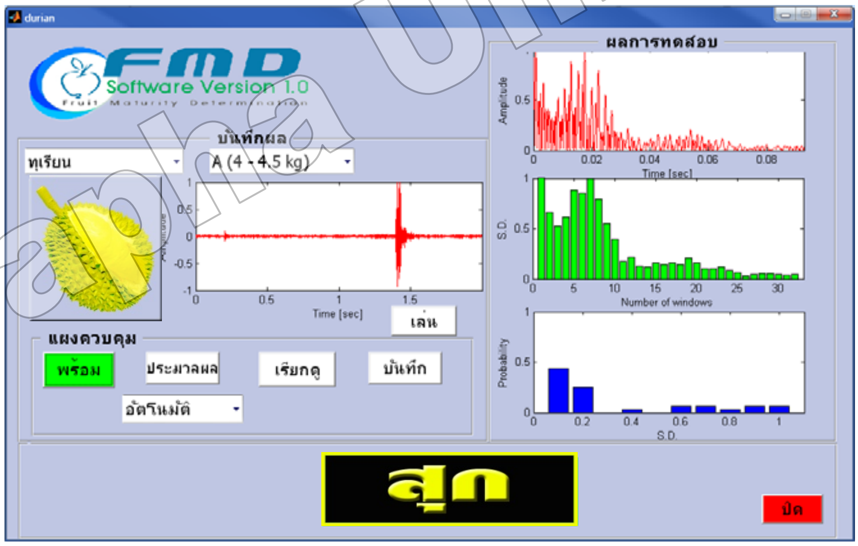
รูปที่ ก.24 แสดงผลการประมวลสัญญาณเสียงเคาะ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

17. การแสดงผลการวัดระดับความสุกของผลไม้สามารถแสดงได้ 3 ระดับ คือ ดิบ สุก และกึ่งสุกกึ่งดิบ

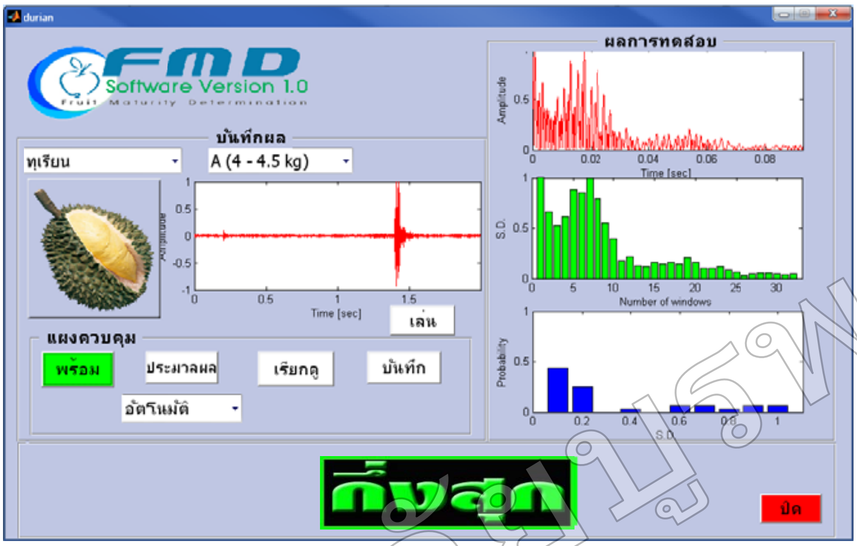


รูปที่ ก.25 ผลการวัดที่ได้เป็นผลดิบ



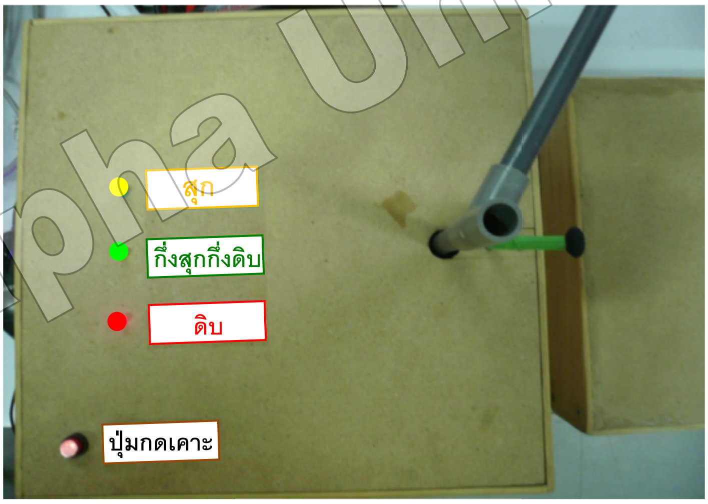
รูปที่ ก.26 ผลการวัดที่ได้เป็นผลสุก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ก.27 ผลการวัดที่ได้เป็นผลกึ่งสุกกึ่งดิบ

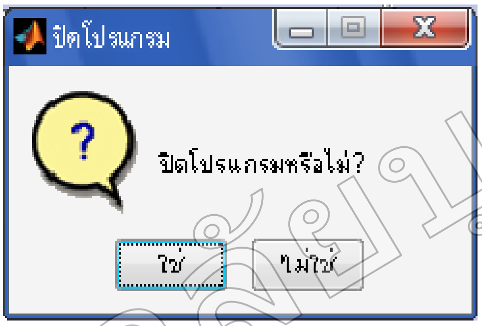
18. เมื่อแสดงผลบนหน้าต่างโปรแกรม FMD แล้ว จะแสดงผลการวัดระดับความสุกดิบของผลไม้บนเครื่องเคาะด้วยหลอด LED ด้วย



รูปที่ ก.28 แสดงผลการวัดระดับความสุกดิบบนเครื่องเคาะด้วยหลอด LED

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

19. เมื่อประมวลเสร็จเรียบร้อยแล้วและต้องการเลิกใช้โปรแกรมสามารถปิดหน้าต่างโปรแกรม โดยกดปุ่มปิด โปรแกรมจะมีหน้าต่างเล็กแสดงเพื่อถามความแน่ใจว่าต้องการปิดโปรแกรมหรือไม่ ถ้าต้องการกด “ใช่” ถ้าไม่ต้องการปิดโปรแกรมกด “ไม่”



รูปที่ ก.29 การปิดโปรแกรม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประวัติผู้ทำโครงงาน

นายธีรพล ผลิตวานนท์ ปัจจุบันศึกษา ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี มีความสนใจด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์, ไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนโปรแกรม

นายพีรพงษ์ สมบุญยอด ปัจจุบันศึกษา ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนแกลง“วิทยสถาวร” จังหวัดระยอง มีความสนใจด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และออกแบบวงจรรวม

นางสาววารุณี บัณฑิตย์ ปัจจุบันศึกษา ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนศรียานุสรณ์ จังหวัดจันทบุรี มีความสนใจด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และออกแบบวงจรรวม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University