



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวัดคุณภาพความสุกของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลาย  
ด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน  
Non Destructive Maturity Determination of Durian to export  
by measuring the capacitive properties on the stem of a fruit

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์  
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวีญ  
นางสาวอัญญา จันทรปะทิว

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 142878  
วันเดือนปี - 6 ส.ย. 2559

b. 12781514  
i. ....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การวัดคุณภาพความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์  
ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ ..... 2558 ..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน ..... 384,000 ..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย ..... 1 ..... ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558 .....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์	สถานะ หัวหน้าโครงการวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวีญ	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นางสาวอัญญา จันทรปะทิว	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบการวัดคุณภาพความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน โดยออกแบบโพรบทรงกระบอก 3 รูปแบบ คือ โพรบแบบคีมคีบ โพรบแบบขนาน และ โพรบแบบซ้อนขนาน โดยใช้หลักการคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่า ไดอิเล็กตริกที่ขั้วทุเรียนตามอายุของทุเรียน โพรบที่ออกแบบถูกนำมาใช้เป็นคาปาซิเตอร์ในวงจรอะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งทุเรียนอายุต่างกันวงจรจะออกซิเลทค่าความถี่ออกมาช่วงต่างๆ กัน ตามอายุทุเรียน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลอ่านค่าความถี่ เพื่อตอบเป็นอายุ และ เปอร์เซ็นต์ความสุขของทุเรียน แสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี และระดับแถบแอลอีดี

จากการศึกษา และเก็บข้อมูลพบความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความเป็นไดอิเล็กตริกของขั้วทุเรียนว่า โพรบแบบซ้อนขนาน ไม่มีสามารถวัดสมบัติความเป็นไดอิเล็กตริกที่ขั้วทุเรียนได้ แต่โพรบแบบคีมคีบ และโพรบแบบขนาน สามารถวัดค่าไดอิเล็กตริกที่ขั้วทุเรียนได้ ผลการทดลองเครื่องที่ออกแบบด้วยโพรบแบบคีมคีบ และโพรบแบบขนาน โดยตรวจวัดทุเรียนที่อายุ 105-110 วัน ซึ่งเป็นทุเรียน 70-75% จำนวน 100 ลูก พบว่า มีความถูกต้อง 97% และ 95% ตามลำดับ การทดสอบตรวจวัดวัดทุเรียนที่อายุ 110-115 วัน ซึ่งเป็นทุเรียน 80-85% จำนวน 20 ลูก พบว่าสามารถวัดได้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ความสุข ทุเรียน แบบไม่ทำลาย ค่าความจุไฟฟ้า

**Research Title:** Non Destructive Maturity Determination of Durian to export by measuring the capacitive properties on the stem of a fruit.....

**Researcher:**..... Mr. Montree CHAICHANYUT.....

**Faculty:**..... Chumphon campus..... **Department:**..... Electronics engineering, King.....  
Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon campus.....

## ABSTRACT

This research project was designed to Non Destructive Maturity Determination of Durian to export by measuring the capacitance properties on the stem of a fruit. The configurations of three probes which used to design and check were: pliers probe, parallel probe, and multiple parallel probe, that were used to check the dielectric value changing at durian stem. The probes were used as capacitors in a stable-multivibrator circuit, which we use oscillate frequency according to durian's age. Microcontroller was used to evaluate the frequency to be solution of age and percentage of durian, together with shows the results on LCD screen and LED stripe.

From the study of relative between durian ages with dielectric values at durian stem, we were found that the multiple parallel probes could not measure dielectric value changing, but the pliers probe and the parallel probe were able to measure the dielectric values changing at durian stem. From experimental results, we were found that the pliers probe and the parallel probe to checkers the durian of 105 – 110 days (durian of 70 – 75%), 100 representative sample, the system could verify correct 97% and 95% respectively, while the monitoring with durian of 110 – 115 days (durian of 80 – 85%), amount of 20 representative sample, we were found that the system could verify correctly and efficiently.

**Keywords:** Maturity, Durian, Non-destructive, Capacitance

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ ตลอดจนใจให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา พริ้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย ทั้งยังช่วยเหลือในด้านการประสานงาน และคอยให้กำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความรู้ และโอกาสในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้รับงบประมาณจากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2558

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์  
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ  
นางสาวอัญญา จันทรปะทิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....	4
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>5</b>
2.1 ทูเรียน (Durian).....	5
2.1.1 สายพันธ์ของทูเรียน.....	5
2.1.2 การเก็บเกี่ยว.....	6
2.2 คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ (Capacitive sensor).....	7
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.3.1 การหาค่าน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยเครื่องวัดต้นแบบ.....	9
2.3.2 การหาค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน.....	11
<b>บทที่ 3 วิธีการ และการออกแบบ.....</b>	<b>17</b>
3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ.....	17
3.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือวงจรการใช้งาน.....	19
3.2.1 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์.....	19
3.2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
3.3 การออกแบบโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ควบคุม (Software).....	22
3.3.1 การออกแบบการประมวลผลระดับความสุก.....	24
3.4 การออกแบบโครงสร้างและส่วนต่างๆของเครื่องตรวจสอบทูเรียน.....	24
3.4.1 การออกแบบโพรบ.....	24
3.4.2 การออกแบบตัวเครื่องตรวจระดับความสุกทูเรียน.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 วิธีการ และผลการทดลอง</b> .....	29
4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาค่าประจุไฟฟ้าเริ่มต้นของโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการ คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	29
4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความเป็นไปได้จากหลักการวัดค่าความจุไฟฟ้าด้วยโพรบที่ออกแบบ กับทุเรียนจริง.....	31
4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของข้าวทุเรียนด้วยโพรบที่ออกแบบ.....	33
4.4 การทดลองที่ 4 การทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ที่ออสซิลเลท จากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ (ก่อนการเก็บเกี่ยว).....	39
4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ที่ออสซิลเลท จากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ (หลังการเก็บเกี่ยว).....	52
4.6 การทดลองที่ 6 การทดลองประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบ (ก่อนการเก็บเกี่ยว).....	70
4.7 การทดลองที่ 7 การทดลองประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบ (หลังการเก็บเกี่ยว).....	81
<b>บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ</b> .....	99
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	99
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	100
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	100
<b>บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง</b> .....	101
<b>ภาคผนวก</b> .....	102
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุม และวงจรรวม.....	103
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน.....	114
ภาคผนวก ค สรุปผลดำเนินงานวิจัย.....	117
ภาคผนวก ง สรุปการใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย.....	119
<b>ประวัตินักวิจัย</b> .....	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 รายละเอียดเครื่องตรวจสอบทุเรียน.....	28
4.1 ผลการทดลองหาค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า.....	30
4.2 ผลการทดลองแบบหลักการของตัวเก็บประจุที่ขั้วของลูกทุเรียนของแต่ละโพรบ ด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า.....	33
4.3 ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้าด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	35
4.4 ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบขนาน.....	36
4.5 ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	37
4.6 ผลสรุปค่าประจุไฟฟ้าของโพรบแต่ละชนิด ด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า.....	37
4.7 ผลการทดลองในการวัดหาค่าความถี่ของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	43
4.7 (ต่อ) ผลการทดลองในการวัดหาค่าความถี่ทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	44
4.8 ผลสรุปขนาดของขั้วทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	48
4.9 ผลสรุปขนาดของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	49
4.10 ผลสรุปการทดลองในการวัดหาค่าความถี่แต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	50
4.11 ผลการคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	50
4.12 ผลการคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	51
4.13 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 105 วัน ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	57
4.13 (ต่อ) ความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 105 วัน ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	58
4.14 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 110 วัน โพรบแบบคิมคิบ.....	60
4.15 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 115 วัน โพรบแบบคิมคิบ.....	61
4.16 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 120 วัน ขึ้นไป ด้วยโพรบแบบคิบ.....	61
4.17 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 105 วัน ด้วยโพรบแบบขนาน.....	61
4.17 (ต่อ) ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบขนาน.....	62
4.18 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 110 วัน โพรบแบบขนาน.....	65
4.19 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 115 วัน โพรบแบบขนาน.....	65
4.20 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 120 วัน ขึ้นไปด้วยโพรบแบบขนาน.....	66
4.21 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 105 วัน โพรบแบบซ้อนขนาน.....	66
4.21(ต่อ) ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 105 วัน โพรบแบบซ้อนขนาน.....	66
4.22ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 110 วัน โพรบแบบซ้อนขนาน.....	70
4.23 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 115 วัน โพรบแบบซ้อนขนาน.....	70
4.24 ค่าความถี่ของลูกทุเรียนที่อายุ 120 วัน ขึ้นไปด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.25 ผลสรุปการทดลองขนาดของข้าวทุเรียนหลังเก็บเกี่ยว.....	71
4.26 ผลสรุปการทดลองขนาดของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว.....	72
4.27 ผลสรุปการทดลองในการวัดหาค่าความถี่แต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	73
4.28 ผลสรุปการทดลองในการวัดหาค่าความถี่แต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยโพรบแบบขนาน.....	73
4.29 ผลสรุปการทดลองในการวัดหาค่าความถี่แต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	74
4.30 การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	75
4.31 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	75
4.32 การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบขนาน.....	76
4.33 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบขนาน.....	77
4.34 การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	77
4.35 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	78
4.36 การประมวลผลค่าความถี่เรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	80
4.37 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วัน ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	82
4.38 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 110-115 วันด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	86
4.39 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วัน ด้วยโพรบแบบขนาน.....	87
4.40 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 110-115 วัน ด้วยโพรบแบบขนาน.....	91
4.41 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110วัน ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	92
4.42 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 110-115 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ต้นทุเรียนและผลทุเรียน.....	5
2.2 แผนผังการวัดความสุขของผลไม้.....	6
2.3 ขนาดของตัวตรวจจับแบบความจุ.....	7
2.4 ขนาดของทรงกลมที่มีความหนา.....	7
2.5 ขนาดของทรงกลมที่มีความบาง.....	8
2.6 ทรงกลมทรงกลมแบบซ้อนขนาน.....	8
2.7 ทรงกลมแบบขนาน.....	8
2.8 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน.....	10
2.9 เครื่องวัดความสุขแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยน้ำหนักแห้ง.....	10
2.10 การทดลองด้วยเครื่องวัดความสุขแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยน้ำหนักแห้ง.....	10
2.11 การวัดค่าความจุไฟฟ้าเพื่อสอบเทียบด้วย Digital multi-meter DT-9205A.....	11
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง %น้ำหนักแห้งของรหัสขนาดต่างๆของผลไม้ทุเรียน.....	12
2.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของรหัสขนาดต่างๆ ของผลไม้ทุเรียนจากต้นแบบ และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งจากวิธีการกำหนดมาตรฐานอากาศเตาอบ.....	12
2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักแห้งจากมิเตอร์ต้นแบบและวิธีการ ที่กำหนดมาตรฐานในเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งจากวิธีการกำหนดมาตรฐานอากาศเตาอบ.....	13
3.1 ไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	17
3.2 ลักษณะของโพรบที่จะใช้ในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับคุณภาพความสุข และอายุ ของทุเรียน กับสมบัติค่าความจุไฟฟ้า.....	18
3.3 วงจรอะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์.....	19
3.4 การออกแบบค่าประจุไฟฟ้า และค่าความนำไฟฟ้า.....	20
3.5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....	22
3.6 ลำดับการทำงานของโปรแกรม.....	23
3.7 โพรบแบบคิมคิบ.....	25
3.8 โพรบแบบขนาน.....	26
3.9 โพรบแบบซ้อนขนาน.....	26
3.10 การออกแบบเครื่องตรวจวัดความสุขทุเรียน.....	27
3.11 ภาพรวมของเครื่องตรวจระดับความสุขทุเรียน.....	28
4.1 ลูกทุเรียนที่ใช้ในการทดลอง.....	29
4.2 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 โพรบแบบคิมคิบและค่าประจุไฟฟ้าของโพรบ.....	30
4.4 โพรบแบบขนานและค่าประจุไฟฟ้าของโพรบ.....	31
4.5 โพรบแบบซ้อนขนานและค่าประจุไฟฟ้าของโพรบ.....	31
4.6 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	32
4.7 ตำแหน่งการทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนแบบหลักการคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	32
4.8 การทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนและจุดบันทึกค่าประจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า.....	33
4.9 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	34
4.10 การวัดแต่ละตำแหน่งของขั้วทุเรียน.....	35
4.11 การทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนและจุดบันทึกค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า.....	38
4.12 กราฟความสัมพันธ์การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง ของโพรบแบบคิมคิบ.....	38
4.13 กราฟความสัมพันธ์การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง ของโพรบแบบขนาน.....	38
4.14 กราฟความสัมพันธ์การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง ของโพรบแบบซ้อนขนาน.....	39
4.15 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วทุเรียนและความสูงของขั้วทุเรียน.....	41
4.16 การวัดขนาดความสูงของลูกทุเรียนและขนาดเส้นรอบวงของลูกทุเรียน.....	41
4.17 โพรบแบบคิมคิบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	42
4.18 การทดลองวัดแต่ละตำแหน่งของขั้วทุเรียน.....	43
4.19 การทดลองเก็บข้อมูลค่าความถี่ของทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	43
4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของขั้ว กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	48
4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้ว กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	48
4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลูก กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	49
4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบวงของลูก กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	49
4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่แต่ละตำแหน่ง กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	50
4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	51
4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง กับ อายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	51
4.27 การวัดขนาดความสูงของขั้ว และการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง.....	53
4.28 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และการวัดขนาดความสูงของลูก.....	54
4.29 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์.....	54
4.30 การวัดแต่ละตำแหน่งของขั้วทุเรียน.....	56
4.31 การทดลองหาค่าความถี่ทุเรียนที่ตัดแล้ว.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของซั้ว กับอายุทุเรียนหลังเก็บเกี่ยว.....	71
4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของซั้ว กับอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว.....	71
4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลูก กับอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว.....	72
4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบวงของลูก กับอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว.....	72
4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในแต่ละช่วงอายุ ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	73
4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในแต่ละช่วงอายุ ด้วยโพรบแบบขนาน.....	74
4.38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในแต่ละช่วงอายุ ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	74
4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า กับอายุทุเรียน ด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	75
4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบคิมคิบ.....	76
4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบขนาน.....	76
4.42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบขนาน.....	77
4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน.....	78
4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบขนาน.....	78
4.45 ค่าเริ่มต้นก่อนการทดลอง และตำแหน่งของโพรบที่ทำการตรวจสอบ (ด้านบน).....	79
4.46 การตรวจสอบลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว.....	80
4.47 ลูกทุเรียนที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องตรวจสอบทุเรียน.....	81
4.48 ตำแหน่งจุดบนของโพรบแต่ละโพรบ.....	82
4.49 ลูกทุเรียนอายุ 105-110วัน และ ลูกทุเรียนอายุ 110-115วัน.....	97
4.50 การตรวจสอบทุเรียน โดยบอกเปอร์เซ็นต์ทุเรียนบนแถบแอลอีดี.....	97
4.51 การตรวจสอบทุเรียนอายุ105-110วัน และ ทุเรียนอายุ110-115วัน.....	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่อาศัยการส่งออกผลผลิตทางการเกษตร เพื่อนำรายได้เข้าสู่ประเทศจำนวนมาก เช่น สับปะรด, ทุเรียน ที่มียอดการส่งออกในอันดับต้นๆ ของประเทศสามารถส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น สิงคโปร์ ไต้หวัน จีน ยุโรป ตะวันออกกลาง และอเมริกา ในปีพ.ศ.2549 มีปริมาณการส่งออกรวมกันถึง 155,087 ตัน หรือ มูลค่าประมาณ 3,263.96 ล้านบาท[1] อย่างไรก็ตามผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมักมีปัญหา เมื่อผลไม้ที่ซื้อมามีคุณภาพด้อยกว่าที่ควรอันเนื่องมาจากการตัดผลไม้นับปะปมมากับผลไม้มัด การใช้สารเคมีเพื่อเร่งการสุก ความแห้งแล้งในช่วงการเก็บเกี่ยว ซึ่งต้องทำให้มีการเกี่ยวผลไม้มากขึ้น ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อ การส่งออกผลไม้มากขึ้นเรื่อยๆ เกิดการปะปนของผลไม้มากำ ทำให้ชาวต่างชาติไม่พอใจและกดราคารวม ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศจึงต้องมีการคัดคุณภาพของผลไม้แบบไม่ทำลาย ให้มีคุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาด ซึ่งสิ่งที่บ่งชี้ถึงคุณภาพนั้นได้แก่ลักษณะ ผล สี น้ำหนัก ความแก่ของผลไม้นอกจากนี้การคัดคุณภาพของผลไม้ในด้านความสุกนั้นยังสามารถใช้การเคาะที่ผลได้วิธีนี้ต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์ และผู้ที่มีความชำนาญเท่านั้นจึงจะสามารถแยกแยะความสุกได้

และถ้าพูดถึงราชาแห่งผลไม้ ต้องนึกถึงทุเรียนเป็นอันดับแรก เพราะลักษณะภายนอกของผลที่เป็นหนามคล้ายมงกุฎของพระราชา และเนื้อในที่มีรสชาติอร่อยที่ยากจะหาผลไม้อื่นมาเทียบ ทุเรียนที่นิยมปลูกกันมาก มี 4 สายพันธุ์ คือ หมอนทอง, ชะนี, ก้านยาว, และ กระดุม ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แต่มีอยู่หนึ่งสายพันธุ์ที่คนส่วนมากนิยมรับประทานและอีกทั้งยังทำรายได้ให้กับประเทศเป็นกอบเป็นกำ คือสายพันธุ์หมอนทอง นับตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันเกษตรกรชาวสวนทุเรียนได้มีวิธีการดูการตรวจสอบดูว่าลูกทุเรียนลูกไหนสุกหรือไม่สุก โดยสังเกตก้านผล, สังเกตหนาม, สังเกตรอยแยกระหว่างพู, การชิมปลิง, การเคาะเปลือกหรือกรีดหนาม, การปล่อยทุเรียนให้ร่วง และการนับอายุ

ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นจึงเกิดแนวคิดที่ต้องการศึกษาในการตรวจสอบคุณภาพของทุเรียน ว่าได้มาตรฐานตามระดับความสุกหรือไม่ ด้วยการอ้างอิงจากอายุของผลทุเรียน และค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วของผลทุเรียนโดยอาศัยหลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อศึกษาดัชนีบ่งชี้ระดับคุณภาพความสุกของทุเรียน ด้วยวิธีการวัดความเป็นไดอิเล็กตริกซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังนี้

- 1.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ของดัชนีบ่งชี้ระดับความสุกของทุเรียนด้วยวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าหรือความเป็นไดอิเล็กตริกที่ขั้วผลทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2.2 ศึกษาวิธีการ และออกแบบรูปแบบโพรบหรือตัวเซนเซอร์(คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์)ให้เหมาะสมในการตรวจวัดระดับความสูงของทุเรียนด้วยวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วผลทุเรียนแทนวิธีการตรวจวัดด้วยวิธีการดั้งเดิม
- 1.2.3 ศึกษากระบวนการตรวจสอบผลทุเรียนโดยใช้โพรบเซนเซอร์ที่ออกแบบ(คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์) ว่าเป็นไปได้หรือไม่และศึกษาปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน
- 1.2.4 เพิ่มประสิทธิภาพทางด้านความเร็ว และการใช้งานที่ง่าย สำหรับการตรวจวัดระดับความสูงของทุเรียน
- 1.2.5 สร้างความมั่นใจให้เกษตรกรชาวสวนทุเรียน มั่นใจถึงคุณภาพของทุเรียนของตน ก่อนส่งออกสู่ท้องตลาด
- 1.2.6 เพื่อการสร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร และมาตรฐานผลิตผลเพื่อการส่งออก
- 1.2.7 เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขัน และการพึ่งพาตนเองของผลผลิตทางการเกษตร
- 1.2.8 เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่
- 1.2.9 กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ภายในปีงบประมาณ 2558 จะทำศึกษาออกแบบวงจร ระบบวิธีการวัด และเซ็นเซอร์หรือโพรบที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการตรวจวัดระดับความสูงของทุเรียน โดยจะศึกษาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1.3.1 ศึกษาแบบของโพรบ 3 รูปแบบเพื่อใช้ในการตรวจวัดระดับความสูงของทุเรียน(พันธุ์หมอนทอง) ด้วยวิธีวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วของผลทุเรียน โดยโพรบที่ออกแบบจะเน้นการศึกษาและเก็บข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วผลทุเรียน
- 1.3.2 โพรบที่ออกแบบจะใช้ในการทดสอบค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วผลทุเรียน โดยสามารถใช้ทดสอบค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วผลทุเรียนที่มีอายุใกล้ตัด(วัดที่ขั้วผลทุเรียนโดยยังไม่ตัดจากต้น) และใช้โพรบทดสอบค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียนที่เกษตรกรตัดเพื่อการส่งออกแล้ว
- 1.3.3 ออกแบบระบบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดัชนีตรวจวัดระดับความสูงของทุเรียน ด้วยวิธีวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วของผลทุเรียนตามเงื่อนไขของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากโพรบที่ออกแบบในข้อ 1.3.1 และ 1.3.2
- 1.3.4 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลทุเรียน เช่น ขนาดผลทุเรียน ขนาดขั้วทุเรียน น้ำหนัก และปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า
- 1.3.5 เก็บข้อมูลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสมบัติความเป็นไดอิเล็กตริก(ค่าความจุไฟฟ้า) กับอายุของทุเรียนก่อนตัดจากต้น และหลังตัดเพื่อรอจำหน่ายส่งออก รวมถึงปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ
- 1.3.6 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในหลักการ จากข้อมูลที่ได้ในเบื้องต้น และพล็อตกราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าความจุไฟฟ้ากับอายุของทุเรียนก่อนตัดจากต้น และหลังตัดเพื่อรอจำหน่ายส่งออก
- 1.3.7 จากการวิเคราะห์ข้อมูลเลือกหลักการ และรูปแบบโพรบที่ดีที่สุดมาออกแบบเป็นเครื่องมือตรวจวัดระดับความสูงของทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้จะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การศึกษารูปแบบของโพรบ (Probe) เพื่อใช้ในการตรวจวัดระดับคุณภาพความสุขของทุเรียนด้วยวิธีวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน และ 2. ออกแบบระบบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียนเพื่อใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพความสุขของทุเรียนด้วยวิธีวัดค่าความจุไฟฟ้า ซึ่งการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1.4.1 รวบรวมข้อมูลการตรวจวัดความความสุขของผลไม้แบบไม่ทำลาย(เลือกตัวอย่างเป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง)

1.4.2 ออกแบบ และจัดสร้างหัววัดหรือโพรบที่ใช้ในการตรวจวัดระดับคุณภาพความสุขของทุเรียนด้วยวิธีวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน

1.4.3 ออกแบบ จัดสร้างเครื่องวัด พัฒนาโปรแกรม และทำการสอบเทียบ และปรับปรุงให้มีเสถียรภาพ

1.4.4 หลังจากจัดสร้างระบบในข้างต้นเรียบร้อยแล้วจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบและทำการจำลองศึกษาเก็บข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าของโพรบแต่ละชนิดโดยแบ่งเป็นการทดลองต่างๆ ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาปัจจัยทางกายภาพของทุเรียนต่อค่าความจุไฟฟ้า

วิธีการทดลอง ทำการทดลองโดยการนำทุเรียนหมอนทองตัวอย่างที่มีอายุเหมาะสมในการตัดเพื่อรอส่งออกจำหน่ายมาวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน ซึ่งทุเรียนจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไปเช่น ขนาดความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วทุเรียน ขนาดความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักผลของทุเรียน แล้วบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์อายุของทุเรียนต่อค่าความจุไฟฟ้า

วิธีการทดลอง ทำการทดลองโดยการนำทุเรียนหมอนทองตัวอย่างที่มีอายุต่างกันมาวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียนแล้วบันทึกผลค่าอายุทุเรียน และค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้ เน้นทดลองกับโพรบชนิดที่ 1 โดยทดลองวัดตั้งแต่ทุเรียนยังไม่ตัดจนถึงตัดเพื่อจำหน่าย

การทดลองที่ 3 เก็บข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าจากการวัดด้วยโพรบที่ออกแบบทั้ง 3 แบบ

วิธีการทดลองทำการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 1 แต่เน้นทุเรียนหมอนทองตัวอย่างที่มีอายุเหมาะสมในการตัดเพื่อรอส่งออกจำหน่ายมาวัดค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียนโดยจะคัดเลือกเอาเฉพาะทุเรียนที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อรอจำหน่ายออกซึ่งทุเรียนจะมีขนาดใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจะตัดปัญหาหรือปัจจัยทางกายภาพออกไปได้ และทำการทดลองซ้ำกับโพรบทั้ง 3 แบบที่ออกแบบมา

1.4.5 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 1-3 มาเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความจุไฟฟ้ากับอายุของทุเรียนหรือระดับคุณภาพความสุขของทุเรียน จากนั้นนำสมการดังกล่าวไปพัฒนาโปรแกรมของเครื่องมือวัดให้สามารถทำนายระดับคุณภาพความสุขของทุเรียน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้วผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับนี้เป็นผลสำเร็จเบื้องต้น(P)ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ทราบถึงความเป็นไปได้ในการบ่งชี้ระดับคุณภาพความสุขของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ด้วยวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้า
- ทราบข้อจำกัดทางเทคนิคในการสร้างเครื่องวัดระดับคุณภาพความสุขของทุเรียน
- ทราบรูปแบบข้อจำกัดของโพรบหรืออิเล็กโทรดที่เหมาะสมในการตรวจวัดระดับคุณภาพความสุขของทุเรียน
- ทราบถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า
- ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุ หรือระดับคุณภาพความสุขของทุเรียน กับค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้จากขั้วทุเรียน และสามารถนำข้อมูลความสัมพันธ์ดังกล่าวมาทำนายระดับความสุขของทุเรียนได้
- ได้ระบบที่ควบคุมคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรที่ราคาถูกกว่าต่างประเทศ
- ด้านการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ โดยเฉพาะนักศึกษานักศึกษาระดับปริญญาตรีของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### 1.5.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- กรมส่งเสริมการเกษตร
- หน่วยงานภาครัฐ เอกชนและเกษตรกรทั่วไป

## 1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

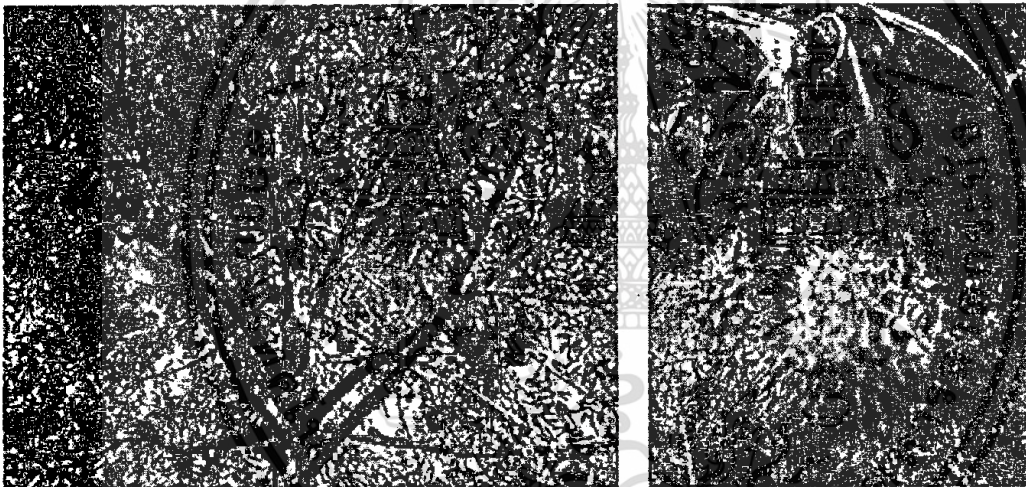
เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ และทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคนิคให้กับหน่วยงาน และกลุ่มเกษตรกรผู้สนใจ ทำการเผยแพร่ผลงานในรูปแบบบทความ ในวารสารด้านการเกษตรและวิศวกรรมศาสตร์ การตีพิมพ์ในรูปแบบงานวิจัย และการเสนอผลงานทางวิชาการ

## บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการ โดยมีการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย โดยประกอบด้วย พื้นฐานของไม้ผลทุเรียน วิธีตรวจวัดความสุกของผลไม้ คาปาซิทีฟเซนเซอร์ และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทุเรียน (Durian)

ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในเขตที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 10-46 องศาเซลเซียส [1] มีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตร ต่อปี การกระจายตัวของฝนดี ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงประมาณ 75-85 % ดินมีค่าความเป็น กรดเป็นด่าง ประมาณ 5.5-6.5 (pH)



(ก) ต้นทุเรียน

(ข) ผลทุเรียน

รูปที่ 2.1 ต้นทุเรียนและผลทุเรียน

#### 2.1.1 สายพันธุ์ของทุเรียน

2.1.1.1 พันธุ์ชะนี มีลักษณะเด่น เนื้อละเอียดเหนียว สีสวย มีสีเหลืองเข้ม การสุกของเนื้อในผลเดียวกันสม่ำเสมอ ทนทานต่อโรครากเน่าโคนเน่าพอสมควรลักษณะด้อย ออกดอกติดผลไม่ดี มักพบอาการแค้น เต่าเผา ไล่ซีม งอมแล้วเนื้อฉะ กลิ่นฉุน คุณภาพเนื้อ ไม่เหมาะสำหรับแปรรูป

2.1.1.2 พันธุ์หมอนทอง มีลักษณะเด่น เนื้อหนา เมล็ดลีบ กลิ่นไม่แรง ติดผลดี เมื่อผลสุกเก็บได้นานกว่าพันธุ์อื่น (งอมแล้วเนื้อไม่ฉะ) ไม่ค่อยพบอาการแค้น เต่าเผาหรือไล่ซีม คุณภาพเนื้อเหมาะสำหรับการแปรรูป ทั้งแช่แข็ง กวน ทอดกรอบ ลักษณะด้อย ไม่ทนทานต่อโรครากเน่า โคนเน่า เนื้อหยาบ สีเนื้อเหลืองอ่อน (ไม่เข้ม) มักพบการสุกไม่สม่ำเสมอ อาจจะสุกทั้งผล สุกบางพู หรือสุกบางส่วนในพูเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 พันธุ์ก้านยาว มีลักษณะเด่น เนื้อละเอียดเหนียว สีเนื้อสม่ำเสมอ งามแล้วเนื้อไม่ฉะ ติดผลดี พบอาการแค้นเล็กน้อย ติดผลง่าย ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ลักษณะด้อย เปลือกหนา เนื้อไม่ค่อยหนา เมล็ดมีขนาดใหญ่และมีจำนวนมากเป็นไส้ซิมง่าย มีอาการเต่าเผาปานกลาง ไม่ทนทานต่อโรครากเน่าโคนเน่า ถ้าไว้ผลมาก คุณภาพผลจะไม่ดีและกิ่งจะแห้งตายภายหลัง อายุการให้ผลหลังปลูกช้า ผลสุกเก็บได้นาน ก้นผลแตกง่าย

2.1.1.4 พันธุ์กระดุม มีลักษณะเด่น ออกดอกเร็ว ผลแก่เร็วจึงขายได้ราคาดีและไม่มี ปัญหาไส้ซิม อายุการให้ผลหลังปลูกเร็ว ติดผลดี ผลดกลักษณะด้อย ไม่ทนทานต่อโรครากเน่า โคนเน่า ผลมีขนาดเล็ก เนื้อบาง ถ้าออกลำไปตรงกับพันธุ์อื่นจะมีปัญหาเรื่องตลาด

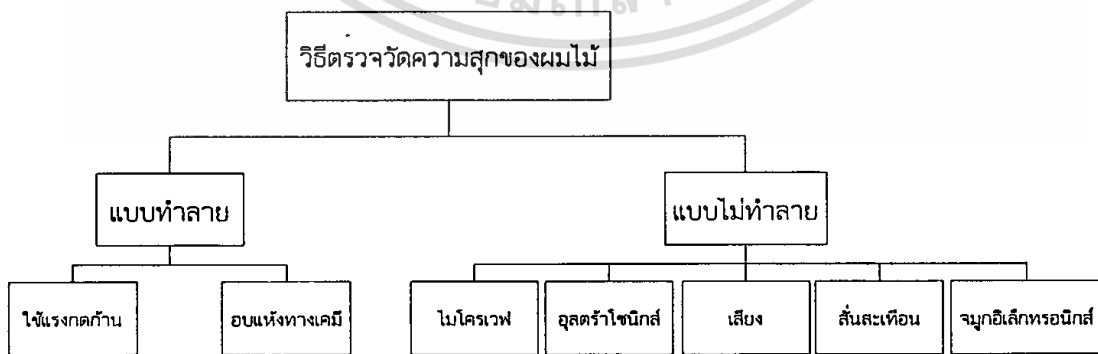
2.1.2 การเก็บเกี่ยว

2.1.2.1 ดัชนีการเก็บเกี่ยวทุเรียน สังเกตลักษณะหลายอย่างประกอบกัน ดังนี้

- นับอายุผล ตั้งแต่วันดอกบานจนถึงวันเก็บเกี่ยว พันธุ์กระดุมทอง ไม่น้อยกว่า 80 วัน พันธุ์ชะนี ไม่น้อยกว่า 100 วัน พันธุ์หมอนทองไม่น้อยกว่า 110 วัน
- ประเมินจากลักษณะภายนอก เช่น ก้านผลแข็ง สากมือ หนามห่าง ปลายหนามแห้ง มีสีน้ำตาลไหม้ รอยแยกบนสันพู ขยายห่างเห็นได้ชัดเจนขึ้น
- ประเมินองค์ประกอบภายใน โดยสุ่มผลในแต่ละรุ่นมาตรวจสอบ ลักษณะภายในคือ สีเนื้อเหลือง กลิ่นหอม เมล็ดสีน้ำตาล รสชาติหวาน และมัน

2.1.2.2 วิธีการเก็บเกี่ยว ใช้ 2 คนในการเก็บเกี่ยว โดยคนหนึ่งปีนขึ้นไปบนต้นใช้มีดที่คม และสะอาด ตัดก้านผลส่วนที่อยู่เหนือปากปลิง แล้วปล่อยผลลงมาให้คนที่รออยู่ใต้ต้นใช้กระสอบป่าน ตวัดรับผล เมื่อเก็บเกี่ยวลงมาแล้วให้วางผลลงในภาชนะที่เตรียมไว้ ห้ามวางผลทุเรียนบนพื้นดินในสวนโดยตรงและให้เคลื่อนย้ายผลทุเรียนด้วยความระมัดระวังอย่าให้หนามทุเรียนทิ่มแทงกันเป็นบาดแผล เพื่อป้องกันการเกิดโรค ผลนำหลังเก็บเกี่ยว

วิธีตรวจวัดความสุขของผลไม้พบได้ว่าแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือแบบทำลายและไม่ทำลาย ซึ่งวิธีการตรวจวัดแบบทำลายนั้นต้องผ่านกระบวนการที่ทำให้ผลไม้เสียรูปทรงไปจากเดิม เช่น การแกะ การกด การตัด เป็นต้น วิธีการนี้ไม่สามารถนำผลไม้ที่ผ่านการตรวจวัดความสุขแล้วไปใช้ในการรับประทานหรือนำไปจำหน่ายได้อีก จึงเลือกใช้วิธีการตรวจวัดความสุขของผลไม้แบบไม่ทำลายซึ่งวิธีการนี้จะไม่ทำให้ผลไม้ที่ผ่านการตรวจวัดยังคงสภาพรูปทรงเดิม ผลไม้ที่ผ่านวิธีการนี้สามารถนำไปรับประทานหรือจำหน่ายได้เช่น การเคาะ การสั่น การดม เป็นต้น



รูปที่ 2.2 แสดงแผนผังการวัดความสุขของผลไม้

## 2.2 คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ (Capacitive sensor)

คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์เป็นหลักการของการสัมผัสความหลากหลายของสิ่งที่เคลื่อนไหวขององค์ประกอบทางสนามไฟฟ้า,ทางเคมี และทางความรู้สึกของตัวแปรอื่นๆ อีกมากมายที่สามารถแปลงเป็นเคลื่อนไหว เช่นระดับความดันแรงของเหลวและองค์ประกอบของเหลว [2] พวกเขาจะสร้างขึ้นด้วยการตรวจวัดขั้วไฟฟ้าไฟฟ้าในอิเล็กทรอนิกส์กับแรงดันไฟฟ้าและวงจรการตรวจสอบที่เปิดการเปลี่ยนแปลงความจุความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้าหรือซีพจรการเปลี่ยนแปลงในช่วงความกว้าง ดังนั้นการประยุกต์ใช้คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์สามารถประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ

### 2.2.1 แผ่นสี่เหลี่ยมด้านขนาน

ด้วยขนาดของเพลต 100 มม. X100 มม. และระยะห่าง 1mm, ของความจุในสูญญากาศ จึงมีค่าเท่ากับ 88.54 pF ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ในสูญญากาศ, คงที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์หรือ K เป็น 1 อิเล็กทรอนิกส์ในอากาศเพิ่ม K ที่ 1.0006 วัสดุที่ใช้เป็นฉนวนทั่วไป เช่นพลาสติกหรือน้ำมันมีค่าคงที่อิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ 3 - 10 และ ของเหลวในข้อบางอย่าง เช่นน้ำมันค่าคงที่อิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ 50 หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับผลกระทบจากแนวการไหลของ แผ่นสี่เหลี่ยมหากอยู่ใกล้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เทียบกับระยะห่างของแผ่นจากการคำนวณ ในสมการที่ 2.1



รูปที่ 2.3 แสดงขนาดของตัวตรวจจับแบบความจุ

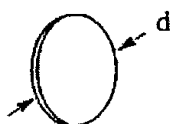
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} \quad (2.1)$$

$$= 8.854 \times 10^{-12} \cdot \frac{\epsilon_r S}{d}$$

แต่ในขณะที่ แผ่นจะต้องมีระยะห่างเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไหลมากขึ้น ซึ่งเชื่อมต่อกับขอบและด้านหลังของฐานและความจุที่วัดอาจจะมีขนาดใหญ่กว่า

การคำนวณรูปทรงเรขาคณิตแบบอย่างอื่นสามารถคำนวณของความจุของการกำหนดค่าไฟฟ้าในรูปทรงกลมได้ดังนี้

### 2.2.2 ทรงกลมที่มีความหนา



รูปที่ 2.4 แสดงขนาดของทรงกลมที่มีความหนา

สมการ  $C = 35.4 \times 10^{-12} \epsilon_r \times d$  (2.2)

2.2.3 ทรงกลมที่มีความบาง



รูปที่ 2.5 แสดงขนาดของทรงกลมที่มีความบาง

สมการ  $C = 55.6 \times 10^{-12} \epsilon_r \times d$  (2.3)

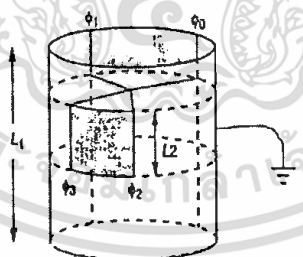
2.2.4 ทรงกระบอกแบบซ้อนขนาน



รูปที่ 2.6 แสดงทรงกลมทรงกลมแบบซ้อนขนาน

สมการ  $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln(b/a)}$  (2.4)

2.2.5 ทรงกระบอกแบบขนาน



รูปที่ 2.7 แสดงทรงกลมแบบขนาน

สมการ  $C = \frac{\epsilon_0\epsilon_r L_2}{\pi} \ln \frac{\sin(\frac{\phi_3 - \phi_0}{2}) \sin(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2})}{\sin(\frac{\phi_2 - \phi_0}{2}) \sin(\frac{\phi_3 - \phi_1}{2})}$  (2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างที่ไม่แน่นอนอาจจะทำให้เป็นเรื่องยาก สำหรับขั้วไฟฟ้าไม่สมมาตร สามารถแก้ปัญหาที่มีอยู่ได้ โดยร่างเส้นที่ประมาณค่าของของพื้นผิวศักย์ตั้งฉากและสายการไหลและความจุโดยประมาณ โดยการร่างผิวภายในของทรงกระบอกโดยใช้พื้นที่จำกัด ส่วนการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบและอื่น ๆ มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากัน ซึ่งสามารถร่างเส้นโดยใช้โปรแกรม FEA ซึ่งสามารถผลิตภาพวาดเส้นสนามแม่เหล็กใน สองมิติ หรือ สามมิติ ซึ่งเป็นความจุและค่าที่ถูกต้องให้เปอร์เซ็นต์ที่น้อยกว่า

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

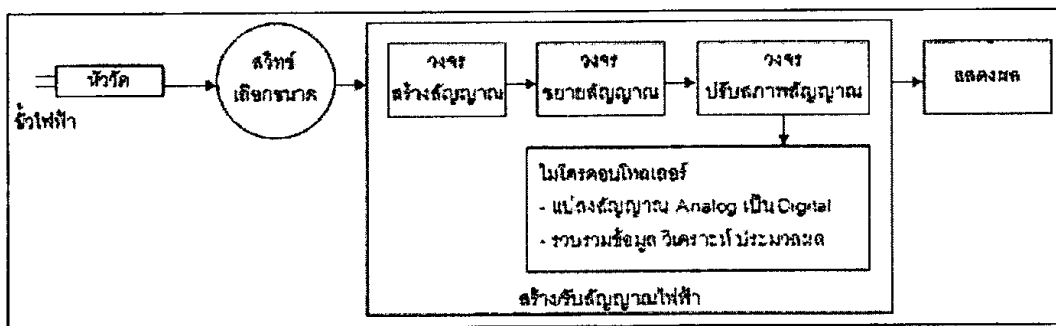
เครื่องวัดความจุแบบทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยน้ำหนักแห้ง

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยที่วัดความจุแห้งของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง โดยน้ำหนักแห้งเพื่อแยกคัตุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งเป็นพันธุ์ทุเรียนเพื่อการส่งออกและการบริโภค ภายในประเทศตามความอ่อน-แก่โดยไม่ทำลายผลของทุเรียน

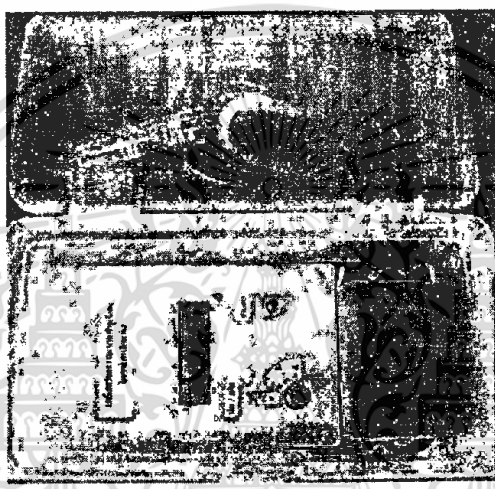
### 2.3.1 การหาค่าน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยเครื่องวัดต้นแบบ

ต้นแบบเครื่องวัดน้ำหนักเนื้อแห้งเป็นเครื่องวัดร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งทางอ้อมโดยใช้ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้แก่ความจุไฟฟ้าของผลทุเรียน [3] ที่ได้ศึกษา ออกแบบ สร้าง ทดสอบ และพัฒนาขึ้น โดยวัดค่าทางไฟฟ้าด้วยหัววัด ซึ่งประกอบด้วยเข็มเหล็กกล้า 2 เข็ม ขนาดยาว 15 มิลลิเมตร มีระยะห่าง 5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าออกแบบให้ติดแน่นอยู่กับด้ามจับทำด้วยแท่งเทปลอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตรขั้วไฟฟ้าต่อสายไปยังวงจรสร้างสัญญาณ ผ่านสวิทช์เลือกค่าขนาดผล 4 ระดับ ตามรหัสขนาด ไปสู่ชุดวงจรรับและขยาย รวมทั้งปรับสภาพสัญญาณ แล้วทำการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877A เพื่อทำการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ ประมวลผล แปลงและแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งออกทางจอแสดงผลแบบ LCD ดังรูปที่ 2.8 เมื่อกดสวิทช์อ่านค่า ต้นแบบเครื่องวัดออกแบบให้มีสวิทช์ปิด/เปิด และใช้แบตเตอรี่แห้ง Sealed Lead Acid ขนาด 6 V, 1.3 AH เพื่อให้ทำการตรวจวัดได้เป็นเวลานานต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง และสามารถทำการประจุไฟฟ้าให้แก่ แบตเตอรี่โดยจะหยุดเมื่อไฟเต็มด้วยวงจรควบคุม ดังรูปที่ 2.9 การหาค่าน้ำหนักเนื้อแห้งของตัวอย่างจะทำการ วัดค่าที่ขั้วผลทุเรียน ได้แก่บริเวณต่ำกว่าปากปลิงลงมาโดยต้องเสียบหัวเข็มวัดให้จมมิดตรงจุดที่สูงกว่ารอยต่อ ของขั้วกับผลทุเรียนประมาณ 10 มิลลิเมตรหรือจุดที่ด้ามจับหัววัดอยู่เสมอนามทุเรียนที่จุดสูงสุดของผล โดย จุดวัดจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับกึ่งกลางพู ของผลทุเรียน เพื่อให้ได้ค่าที่คงที่และแม่นยำ ดังรูปที่ 2.10 การอ่าน น้ำหนักเนื้อแห้งจะทำ 3 ซ้ำต่อตัวอย่างผลทุเรียนในการวัดค่าน้ำหนักเนื้อแห้งของตัวอย่างทุเรียนแต่ละตัวอย่าง ระหว่างการทดสอบเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบจะต้องทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าเพื่อสอบเทียบ ด้วย Digital multi-meter DT-9205A ดังรูปที่ 2.11

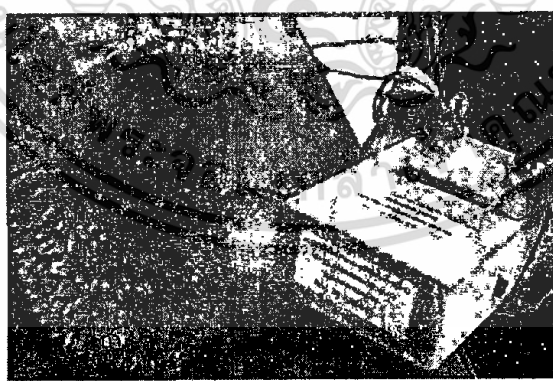
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงาน

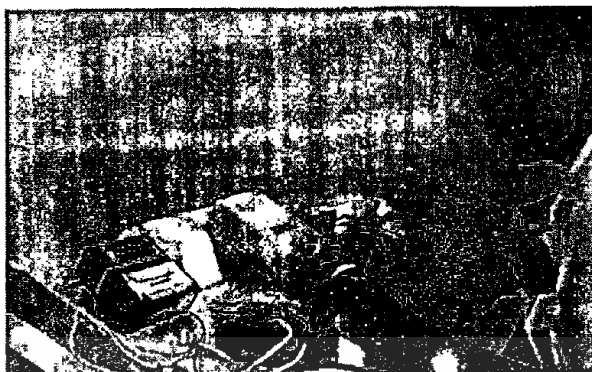


รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องวัดความสูกแก่ของทุเรียนพันธ์หมอนทองโดยน้ำหนักแห้ง



รูปที่ 2.10 แสดงการทดลองด้วยเครื่องวัดความสูกแก่ของทุเรียนพันธ์หมอนทองโดยน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการวัดค่าความจุไฟฟ้าเพื่อสอบเทียบด้วย Digital multi-meter DT-9205A

### 2.3.2 การหาค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน

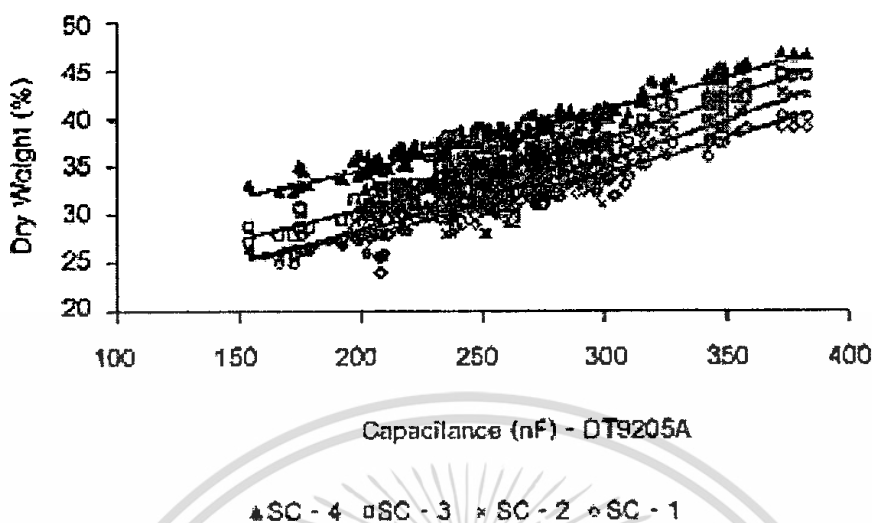
ตัวอย่างที่ใช้ในการหาค่าร้อยละน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐานได้แก่เนื้อทุเรียนจากส่วนกลางของผลโดยผลทุเรียนตัวอย่างจากการหาค่าน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยเครื่องวัดต้นแบบจะถูกตัดแบ่งตามแนวขวางของผลออกเป็น 5 ส่วนเท่าๆกัน เนื่องจากผลส่วนกลางทั้งหมดจะถูกซอยละเอียด คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน ตัวอย่างจำนวน 2 กรัมจากแต่ละส่วน รวมเป็น 3 ซ้ำจากตัวอย่างทุเรียนแต่ละผลจะถูกนำเข้าอบแห้งในตู้อบแบบลมร้อน (Air Oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศา เป็นเวลา 5 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างแห้งจะคงที่ ทำการชั่งน้ำหนักสุดท้าย หรือน้ำหนักเนื้อแห้ง ค่าร้อยละน้ำหนักเนื้อแห้งจะหาได้ด้วยสมการที่ 2.6

$$\% DM = (W_f / W_T) \times 100 \quad (2.6)$$

เมื่อ  $\%DM$  = ค่าร้อยละน้ำหนักเนื้อแห้ง  
 $W_f$  = น้ำหนักสุดท้ายเป็นกรัม  
 $W_T$  = น้ำหนักเริ่มต้น 2 กรัม

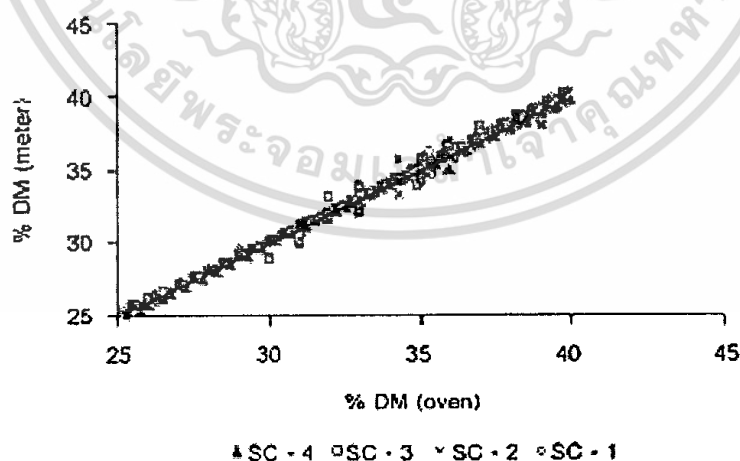
หาค่าและรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยเครื่องวัดต้นแบบ และค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน เพื่อทราบค่าความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) ช่วงของการวัดที่เหมาะสม (Sensitivity) ความแม่นยำในการวัด (Accuracy) และ ความสามารถในการผลิตซ้ำ (Reproductivity) ของต้นแบบเครื่องวัดน้ำหนักเนื้อแห้งเพื่อแยกคัดทุเรียนตามความอ่อน-แก่โดยไม่ทำลาย

ผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยเครื่องวัดต้นแบบและค่าความจุไฟฟ้าที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 มีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง ในทุกๆ ขนาดของผลทุเรียนโดยมีค่าความชันของเส้นสัมพันธ์ลดลงตามค่ารหัสขนาด หรือลดลงเมื่อผลทุเรียนมีขนาดเพิ่ม และยังมีช่วงของการวัดที่เหมาะสม (Sensitivity) โดยสามารถวัดน้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียนในช่วง 25% - 40% ซึ่งครอบคลุมความสุกแก่ทุเรียนอ่อนจนถึงแก่จัด



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %น้ำหนักแห้งของรหัสขนาดต่างๆของผลไม้ทุเรียนและ capacitance values (nF) - DT9205A

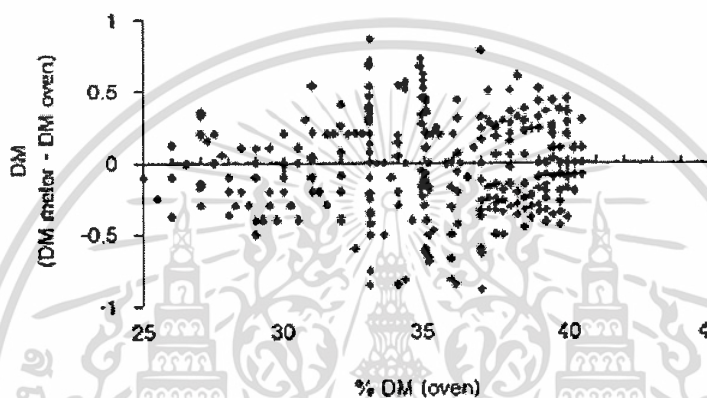
ในการเปรียบเทียบค่า และรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยเครื่องวัดต้นแบบ และค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน ตามรหัสขนาดของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดยมีความชันของทุกรหัสขนาดใกล้เคียงหรือค่อนข้างขนานกัน ดังแสดงรูปที่ 2.13 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดต้นแบบมีความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) สูง  $R^2 > 0.95$  และค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐานสามารถใช้เปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐานได้ในทุกๆ ขนาด



รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของรหัสขนาดต่างๆ ของผลไม้ทุเรียนจากต้นแบบ และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งจากวิธีการกำหนดมาตรฐานอากาศเดาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแม่นยำในการวัด (Accuracy) ของเครื่องวัดต้นแบบ แสดงให้เห็นได้ในการหาค่าความผิดพลาดในการวัด โดยเปรียบเทียบค่าความแตกต่างในการวัดค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งระหว่างเครื่องวัดต้นแบบและวิธีมาตรฐาน (% DM meter - % DM oven) กับค่าร้อยละของน้ำหนักเนื้อแห้งด้วยวิธีมาตรฐานของทุเรียนแต่ละลูก ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดต้นแบบมีความแม่นยำในการวัดสูง โดยความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน  $\pm 1\%$  น้ำหนักเนื้อแห้ง ในทุกระดับ และความอ่อน-แก่ (25% - 40% น้ำหนักเนื้อแห้ง)



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักแห้งจากมิเตอร์ต้นแบบและวิธีการที่กำหนดมาตรฐานในเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งจากวิธีการกำหนดมาตรฐานอากาศเตาอบ

การวัดความอ่อน-แก่ของทุเรียนด้วยเครื่องวัดน้ำหนักเนื้อแห้งนับจากการเลือกค่าน้ำหนักผลตามช่วงระดับขนาด เลือกตำแหน่งวัด เสียบหัวเข็มวัด เวลาในการทำงานของวงจร ตลอดจนการประมวลผล จน ถึงการอ่านค่าจะใช้เวลาประมาณผลละไม่เกิน 30 วินาที ในส่วนของปริมาณในการวัดเฉลี่ยต่อวันต่อคน รวมทั้ง ความทนทานของเครื่องวัด กำลังดำเนินการทดสอบโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบคุณภาพทุเรียนเพื่อการส่งออกในพื้นที่การผลิตจังหวัดชุมพร

ดังนั้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเครื่องวัดน้ำหนักเนื้อแห้งเพื่อแยกคัดทุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งเป็นพันธุ์ทุเรียนเพื่อการส่งออก มีความสามารถในการวัดซ้ำ มีช่วงของการวัดที่ค่อนข้างเหมาะสม (Sensitivity) มีความแม่นยำ ในการวัดในระดับที่ใช้งานได้โดยมีความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน  $\pm 1\%$  และมีความสามารถในการผลิตซ้ำของต้นแบบเครื่องวัดน้ำหนักเนื้อแห้งเพื่อแยกคัดทุเรียนตามความอ่อน-แก่ และ อยู่ในระหว่างการดำเนินการทดสอบใช้งานในระยะยาว สามารถนำต้นแบบไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ และมีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้เครื่องวัดน้ำหนักเนื้อแห้งในการกำหนดวันสุกในสภาพธรรมชาติอย่างแม่นยำได้

S.Trirongjitmoah และคณะ[4] ได้นำเสนองานวิจัยนี้การวัดความสุกของสับปะรดด้วยจมูกอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Nose) โดยใช้ 5 เซ็นเซอร์ ที่ใช้สำหรับตรวจจับก๊าซ ใช้ช่วงเวลากการทดลองตั้งแต่วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรกที่เก็บผลผลิตจนถึงวันที่ 12 ขั้นตอนคือนำสับปรดใส่ในตู้ที่มีเซ็นเซอร์คอยตรวจจับก๊าซอยู่ 5 เซ็นเซอร์คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งเจือปนในอากาศ ตรวจจับก๊าซที่ติดไฟง่าย ตรวจก๊าซเอทานอลแอลกอฮอล์มีเทน จากนั้นจะนำค่าที่วัดได้จากค่าอนาล็อกมาแปลงให้เป็นดิจิตอล ด้วย การ์ด A/D และเก็บข้อมูล ไว้ในคอมพิวเตอร์ก๊าซ ส่วนใหญ่ที่ได้คือ  $SnO_2$  ซึ่งค่าความชื้นและอุณหภูมิจะมีผลกระทบ ต่อกระบวนการวัดนี้และจะทำการวัดกลิ่น ทุกๆวัน ตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งวันที่สับปรดกินไม่ได้ ซึ่งจะมีช่วงเวลาประมาณ 12 วัน ทุกวันสับปรดจะถูก วัดด้วยกระบวนการที่ใช้เซ็นเซอร์และสับปรดอีกส่วนถูกวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งซึ่งเป็นกระบวนการที่ ทำลายสับปรด และวันอื่นจะทำการเลือกสับปรดให้สีและขนาดใกล้เคียงกัน จากการวัดค่าความแข็งจะเห็นว่า เมื่อมีระยะเวลาจากการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงก็จะลดลงและค่าแรงดันเอาท์พุทก็จะเพิ่มขึ้นตาม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจากการทดลองสามารถทำนายจำนวนวันในการเก็บเกี่ยวได้ซึ่งจะมีค่าที่สามารถ ผิดพลาดได้โดย  $\pm 1$  วัน โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ 40% และสามารถเพิ่มให้ถึง 83% ซึ่งจากผลการทดลองนี้ เชื่อว่าจะสามารถใช้ประโยชน์ในการวัดระดับความสุกแบบอัตโนมัติที่จะไปแทนที่การใช้ความชำนาญได้ ค่าที่ เกิดความผิดพลาดอาจขึ้นได้จาก ต้องมีการเลือกผลสับปรดใหม่ทุกวันซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า ได้

A. Terdwongwarakul และคณะ [5] นำเสนองานวิจัยการวัดความสุกของทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยใช้ความถี่ธรรมชาติ (resonant frequency) เมื่อทำการทดลองพบว่าค่าดัชนีที่เหมาะสมคือ  $\frac{2}{3} f^2 \ln(m)$  เมื่อ  $f$  คือ ค่าความถี่,  $m$  คือน้ำหนักเมื่อทุเรียนแก่มากขึ้นแนวโน้มดัชนีจะมีค่าลดลงและจะมีค่าเข้าใกล้ค่าค่า หนึ่งเมื่อแก่เต็มที่ วัตถุประสงค์ ของงานวิจัยคือ นำเทคนิคการวัดความถี่ทางธรรมชาติ(resonant frequency) ของเสียงจากผลไม้มาใช้ทดสอบกับทุเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความถี่ธรรมชาติ(resonant frequency) กับอายุของทุเรียน ขณะพัฒนาจากทุเรียนอ่อนจนกระทั่งแก่บ้น ต้น ในการวัดความสุกของทุเรียน จะใช้ไม้สำหรับเคาะ เคาะบนผลทุเรียน เมื่อเสียงผ่านเข้าไปยังเครื่องวัดระดับเสียงจะเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าจากนั้นจะส่งไปยังเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ โดยจะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบ Amplitude ratio จากผลการทดลองพบว่า ทุเรียนที่มีอายุ เท่ากันแต่น้ำหนักต่างกันจะให้เสียงความถี่ทางธรรมชาติ (resonant frequency) ต่างกันด้วย โดยทุเรียนที่มีhesoydเบาจะให้ความถี่ที่สูงกว่าทุเรียนน้ำหนักมาก และ ทุเรียนเมื่อมีอายุมากขึ้นความถี่ทางธรรมชาติ(resonant frequency)จะลดลงด้วย จากการทดลองยังไม่สามารถ ใช้ค่า เป็นเกณฑ์ได้เนื่องจากจะต้องศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความแก่ของทุเรียนเพิ่มขึ้น ฤดูกาล การดูแลสวนทุเรียน เป็นต้น ก่อนที่จะสรุปผลและนำไปประดิษฐ์เครื่องมือวัดต่อไป

S. Kongrattanaprasert และคณะ [6] นำเสนองานวิจัยกระบวนการวัดความสุกของทุเรียนแบบไม่ทำลายโดยใช้แรงสั่น(vibration) ซึ่งจะใช้เลเซอร์ดอปเปลอร์ (laser Doppler) ยิงไปยังร่องหนามกลางลูกทุเรียน เพื่อหาความถี่ของการสั่น(frequency of vibration) ค่าคงที่ของความยืดหยุ่น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ กับเปอร์เซ็นต์ของความแห้งต่อน้ำหนักของทุเรียน โดยใช้ความถี่ในการสั่น(frequency of vibration) ที่ 0-300Hz จากนั้นใช้เลเซอร์ดอปเปลอร์(laser Doppler) วัดค่าการสั่นตอบสนองและค่าที่วัดได้จากเลเซอร์ดอปเปลอร์(laser Doppler) จะถูกส่งไปยังวงจรมวลจากนั้นจะส่งต่อเข้าสู่ออสซิลโลสโคป และส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและเปรียบเทียบกัน ซึ่งสัญญาณเอาท์พุทที่ได้ จะมีแอมพลิจูดและความถี่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจาก โพรงอากาศภายในระหว่างเปลือกและเนื้อ องทุเรียน มวลและความแข็งของทุเรียน จะเห็นได้ว่าทุเรียนดิบนั้นจะมีแอมพลิจูดและความถี่สูงกว่าทุเรียนสุก เพราะมีความหนาแน่นและความแข็งมากกว่าจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองพบว่าการสั่นที่ความถี่ 30Hz จะได้ ค่าเอาท์พุทที่ดีที่สุด สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของค่าที่วัดระหว่างทุเรียนสุกและดิบได้มากและชัดเจนที่สุด เมื่อความถี่ที่มากกว่า 45 Hz ขึ้นไปไม่สามารถเห็นความแตกต่างของทุเรียนดิบและสุกได้เลย จากการทดลองพบว่าอัตราเร็วของแรงสั่นมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนัก ซึ่งกระบวนการนี้ให้ค่าความแม่นยำถึง 80-90% จะเห็นได้ว่าเกิดความผิดพลาดได้ถึง 20% อาจเนื่องมาจากในกาทดลองด้วยแรงสั่น(vibration) เกิดจากขั้วของทุเรียนอาจหักไปแต่ละพูของทุเรียน อาจไม่สมบูรณ์ ในการทดลองด้านยิงเลเซอร์ดอปเปอร์(laser Doppler) เกิดจากร่องหนามของทุเรียนอาจแคบเกินไป

T. Rutpralom และคณะ [7] นำเสนอการนำคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 3GHz มาช่วยในการวัดความชื้นของทุเรียนและนำไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักเพื่อวัดความสุกของทุเรียน โดยใช้เครื่องมือวัดที่ด้านหนึ่งปิดและมีด้านปลายเปิด(open-end coaxial probe) ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้สามารถ อ่านค่าได้แม่นยำมากที่สุด ซึ่งจะนำเครื่องมือนี้ยี่ห้อรังสีไมโครเวฟ จะนำปลายของเครื่องมือสัมผัสกับบริเวณระหว่างร่องหนามกลางลูกทุเรียนโดยให้ถูกบริเวณที่มีผิวเรียบที่สุด ซึ่งบริเวณกลางลูกทุเรียนจะเป็นส่วนที่มีเปลือกบาง เมื่อรังสีเข้าไปแล้วจะทะลุผ่านเปลือก โพรงอากาศ เนื้อทุเรียน และจะมีรังสีบางส่วนสะท้อนกลับมาจะใช้รังสีส่วนที่สะท้อนกลับมานี้มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสุกของทุเรียน จากการทดลองพบว่า ความถี่ที่คลื่นสามารถสะท้อนกลับมาได้ดีที่สุดอยู่ที่ 3GHz โดยการสะท้อนกลับของรังสีจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวและการสะท้อนกลับของรังสีก็จะมีค่าขึ้นอยู่กับความเรียบของผิวทุเรียนบริเวณที่นำเครื่องมือไปวัดความหนาบางของเปลือกทุเรียน เป็นต้น จากการทดลองพบว่าเมื่อทุเรียนมีอายุมากขึ้น ความชื้นจะเพิ่มขึ้น การสะท้อนกลับของรังสีจะน้อยลง โดยสามารถนำค่ามาเปรียบเทียบกับความถูกต้องกับค่าเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักได้ค่าที่เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นได้จากปลายเครื่องวัดนั้นถูกวัดในส่วนที่ทุเรียนมีเปลือกหนา

N. Kittiamornkul และคณะ [8] ได้เสนอการวัดความสุกของทุเรียนโดยใช้แผ่น Microstrip ส่งสัญญาณ โดยกระบวนการนี้จะใช้ลำแสงไมโครเวฟความถี่ 2.45GHz เพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์การรับ และการส่งคลื่น ผลที่ได้จากการวัดนำมาเปรียบเทียบกับค่าความถูกต้องกับเปอร์เซ็นต์ความแห้ง ต่อน้ำหนัก กระบวนการนี้จะต้องปิดไม่ให้สามารถติดต่อกับสภาพแวดล้อมภายนอกได้ขนาดของแผ่น Microstrip คือ 90x90x5 mm ทั้งตัวรับและตัวส่งโดยจะส่งรังสีไมโครเวฟผ่านกึ่งกลางของลูกทุเรียน ซึ่งเครื่องมือสามารถปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับทุเรียนทุกขนาดและสามารถปรับให้ตำแหน่งแผ่นตัวรับและส่งอยู่ตรงกันได้เมื่อส่งคลื่นไมโครเวฟไปแล้วจะรับคลื่นกลับมาในรูปค่าแรงดันจากนั้นจะเปลี่ยนค่าให้อยู่ในรูปค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งและการสะท้อนกลับจากนั้นจะส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลโดยโปรแกรม MATLAB การทดลองนี้ใช้ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 4 - 4.5 กก. และจะใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักเป็นค่าพื้นฐานในการเปรียบเทียบ จากการทดลองจะได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้เมื่อมากกว่า 0.4 และเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักน้อยกว่า 30% หมายถึงทุเรียนดิบ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์น้อยกว่า 0.4 และเปอร์เซ็นต์ความแห้งต่อน้ำหนักมากกว่า 30% นั้นหมายถึงทุเรียนสุก การทดลองนี้ค่าที่ได้จะแปรผันไปตามขนาดของทุเรียน และเมื่อค่าแรงดันเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ค่าความแม่นยำของกระบวนการนี้อยู่ที่ 72.22% ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น เกิดได้จาก ทุเรียนไม่มีรูปทรงที่แน่นอน การส่งค่าไปและสะท้อนกลับในการวัด เพราะ ไม่มีข้อมูลในรูปดิจิตอล (digital data) ทำให้ค่าแรงดันที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งและการสะท้อนกลับเปลี่ยนไปอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S. Saimek และคณะ [9] ได้เสนอวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการวัดความสูงของทุเรียนพันธุ์ชะนีด้วยสัญญาณเสียงเคาะ โดยใช้ สัญญาณการสั่นสะเทือนของเสียงเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งรับมาจาก ไมโครโฟน เสียงที่เกิด จากการเคาะทุเรียนนั้นจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ความถี่ของสัญญาณเสียงก็จะลดลงเนื่องมาจากเกิดช่องว่างระหว่างเนื้อทุเรียน และเปลือกมากขึ้น ความหนาแน่นของทุเรียนลดลง ขั้นตอนการทดลองคือเก็บสัญญาณเสียงใช้ทฤษฎี การแปลงฟูเรียร์(Fourier Transform) เข้ามาช่วย โดยใช้โปรแกรม MATLAB จากนั้นนำความถี่สูงสุดที่ได้มาวิเคราะห์แนวโน้มที่เกี่ยวข้องกับเวลา ซึ่งจะได้ว่าความถี่จะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น การทดลองนี้จะทำการวัดสัญญาณเสียงตั้งแต่วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตจนกระทั่งสุกเพื่อดูสัญญาณเสียง ซึ่งจะมีสัญญาณรบกวนปะปนเข้ามา จึงมีกรกรองสัญญาณแบบตัดช่วงออกและใช้การแปลงเวฟเลต(wavelet) ในการกำจัดสัญญาณรบกวน เพื่อให้ได้สัญญาณที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้จากการทดลอง ช่วงค่าความถี่จะอยู่ในช่วง 40 - 400Hz ปัญหาที่เกิดขึ้นคือสัญญาณเสียงของทุเรียนดิบที่บันทึกได้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวนและการกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้เพียงส่วนหนึ่ง ซึ่งอาจจากตำแหน่งของการเคาะผลทุเรียนและแรงที่ใช้เคาะทุเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

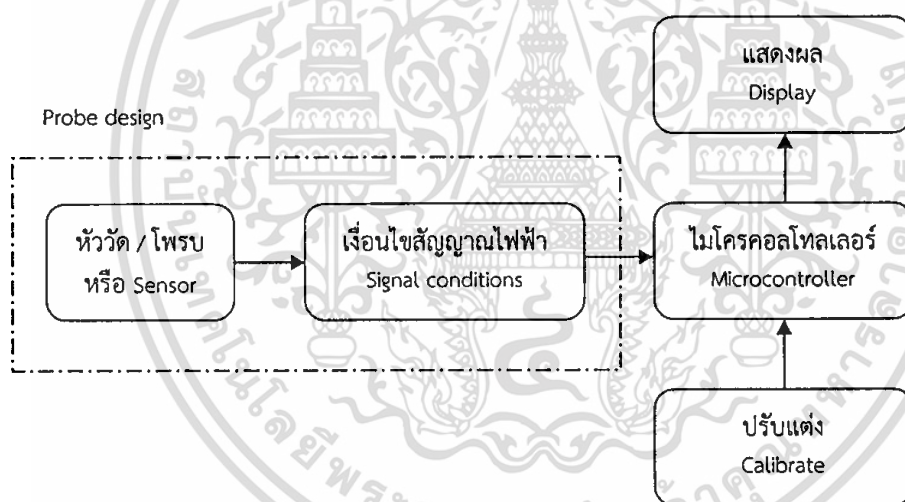
บทที่ 3

วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบล็อกไดอะแกรมของการวัดคุณภาพความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน การออกแบบทางฮาร์ดแวร์ หรือ วงจรใช้งาน การออกแบบโปรแกรมควบคุม การออกแบบวงจรมัลติไวเบรเตอร์ การออกแบบวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรแสดงผล รวมถึงการออกแบบทางโครงสร้าง ซึ่งแบ่งเป็นการออกแบบโพรบ และแพคเกจของตัวเครื่องวัด

3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้คณะผู้วิจัยมีกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ส่วนของการศึกษาออกแบบ สร้างโพรบตัวตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้า (ค่าความจุไฟฟ้า และแรงเคลื่อนไฟฟ้า) และ 2. ส่วนของกระบวนการในการนำข้อมูลทางไฟฟ้าที่ได้จากโพรบมาประมวลผลและ แสดงระดับคุณภาพความสุขของผลทุเรียน ซึ่งทั้งสองส่วนได้แสดงดังในไดอะแกรมรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงการงานวิจัย

กรอบแนวความคิดของโครงการงานวิจัยซึ่งส่วนต่าง ๆ ในไดอะแกรมจะทำหน้าที่ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

Display คือ ส่วนที่ใช้ในการสื่อสารกับผู้ใช้งานโดยจะแสดงระดับคุณภาพความสุขของทุเรียนที่วัดได้ในส่วนของ Calibrate ได้ออกแบบเพื่อกระบวนการในการติดตั้ง รีเซท กำหนดค่าเริ่มต้นที่ถูกต้องก่อนทำการวัด

Microcontroller คือ กล่องดำหรือเทคโนโลยีสองกลฝั่งตัวเพื่อระบบควบคุมของเครื่องวัดระดับคุณภาพความสุขของทุเรียน

Probe design คือ ส่วนที่เป็นหัวโพรบวัดสมบัติทางไฟฟ้าจากผลทุเรียนโดยในกรอบแนวความคิดนั้น ผู้วิจัยคิดว่า จะทำการตรวจวัดระดับความสุกของผลทุเรียนด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติความเป็นไดอิเล็กตริกหรือค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน โดยหลักการทำงานคือ ส่วนโพรบเซนเซอร์จะทำจากแผ่นสแตนเลส 2 แผ่นทำหน้าที่คล้ายกับแผ่นเพลทของตัวเก็บประจุ โดยให้อากาศเป็นตัวอยู่กึ่งกลางระหว่างแผ่นเพลทซึ่งมีคุณสมบัติเป็นค่าไดเรคตริกของตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอนิกส์

โครงการวิจัยชิ้นนี้ได้ออกแบบให้เป็นวงกลมหรือรูปทรงกระบอก เพื่อจะตรวจสอบที่ขั้วของทุเรียน เมื่อนำเอาโพรบที่ออกแบบจากเพลทดังกล่าวมาสวมที่ขั้วของทุเรียนจะทำให้ค่าความจุที่ได้จากแผ่นเพลทเปลี่ยนแปลง จากนั้นก็นำค่าความจุไฟฟ้าแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงระดับคุณภาพความสุกของผลทุเรียน ซึ่งแนวความคิดของหัววัดหรือโพรบเซนเซอร์ที่ออกแบบทดสอบแบ่งเป็น 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของโพรบที่จะใช้ในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับคุณภาพความสุก และอายุของทุเรียน กับสมบัติค่าความจุไฟฟ้า

ก. โพรบที่ 1 เป็นการออกแบบคีมคีบ โดยนำเอาคีมมาดัดแปลงมาเชื่อมต่อกับท่อ สแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว ยาว 5 เซนติเมตร ทำเป็นแผ่นเพลทวางขนานเป็นวงกลมตรงกลางกลวงมีอากาศเป็นไดอิเล็กตริก โดยโพรบชนิดนี้จะออกแบบให้สามารถนำไปทดสอบกับทุเรียนที่มีอายุต่างๆได้บนต้นโดยไม่ต้องตัดลงมา ดังนั้นโพรบที่ออกแบบนี้จะสามารถเปิดผ่าแผ่นเพลทได้

ข. โพรบที่ 2 เป็นการออกแบบท่อสแตนเลสซ้อนขนานกัน ซึ่งท่อสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และ 1.75 นิ้ว ยาว 5 เซนติเมตรโดยใช้ท่อ PE เป็นตัวกั้นระหว่างกลาง เพื่อไม่ให้ท่อสแตนเลสด้านในขยับได้ ท่อ PE ก็เปรียบเหมือนกับพลาสติกที่เป็นค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก และมีวงกลมตรงกลางกลวงมีอากาศเป็นไดอิเล็กตริก

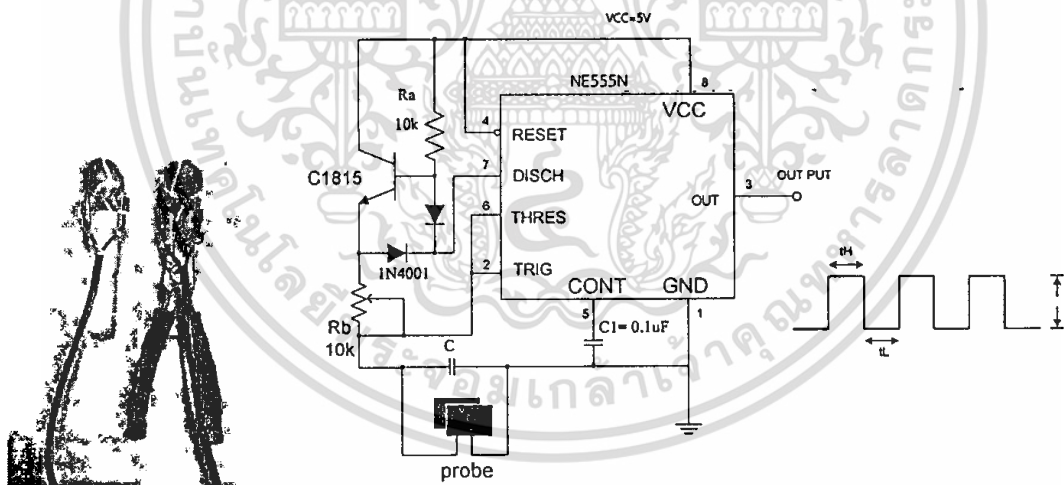
ค. โพรบที่ 3 เป็นการออกแบบนำท่อสแตนเลส 2 นิ้ว ยาว 5 เซนติเมตรทำเป็นแผ่นเพลทวางขนานเป็นวงกลมตรงกลางกลวงมีอากาศเป็นไดอิเล็กตริก เหมือนกับแบบ ก. แต่เป็นโพรบแบบคงที่ แผ่นเพลทไม่สามารถเปิดออกได้

### 3.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือวงจรการใช้งาน

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์นับถือเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการออกแบบโครงงานเครื่องตรวจสอบทุเรียนโดยการใช้คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ เนื่องจากฮาร์ดแวร์จะเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของซอฟต์แวร์กับส่วนของโพรบในการตรวจวัดที่ขั้วทุเรียน ให้ทำงานสอดคล้องกัน ในส่วนของเครื่องตรวจสอบทุเรียนโดยการใช้คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ จะแบ่งฮาร์ดแวร์เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การออกแบบวงจร อะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 3.2.1 วงจรอะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable multivibrator)

วงจรอะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรผลิตความถี่ โดยพิจารณาได้ เมื่อเอาท์พุทมีศักย์ค่าสูง ทรานซิสเตอร์ Q1 จะถูกให้ไบอัสและอยู่ในภาวะอิ่มตัว [10] ดังนั้นตัวเก็บประจุ C จะสะสมประจุผ่าน Q1 และ R1 เมื่อเอาท์พุทมีศักย์ต่ำ ทรานซิสเตอร์ Q1 จะอยู่ในภาวะคัทออฟดังนั้นตัวเก็บประจุ C จะคายประจุออกผ่าน R1 และไดโอด D1 เนื่องจากค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรของการสะสมประจุของ C มีค่าเท่ากัน จึงทำให้ช่วงเวลาที่เอาท์พุทมีศักย์ค่าสูง และศักย์ค่าต่ำมีค่าเท่ากัน ค่าตัวใช้เคลจึงเป็น 50 % เสมอ ทรานซิสเตอร์ Q1 ควรใช้อัตราการขยายสูงๆ เพื่อว่าถึงแม้ว่าค่าความต้านทาน R2 สูงๆ ก็สามารถทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานในภาวะอิ่มตัวได้ สำหรับไดโอด D1 ควรใช้เยอรมันเนียมไดโอด หรือซิลิคอนไดโอด ทั้งนี้เพื่อให้แรงดันตกคร่อม Q1 และ D1 มีค่าน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรอะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่องตรวจสอบทุเรียนได้ใช้วงจรอะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรกำเนิดความถี่ โดยทำการออกแบบนำโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ นำมาต่อแบบขนาน กับตัวเก็บประจุ ภายในวงจรอะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งโพรบที่ได้ทำการ

ออกแบบจะเป็นหลักการของหลักการของคาปาซิทีปเซ็นเซอร์ แต่เมื่อ โพรบเกิดการสัมผัส โพรบจะเป็นได้ทั้งความเป็นประจุไฟฟ้าและความนำไฟฟ้า ดังนั้นค่าประจุไฟฟ้าและค่าความนำไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์

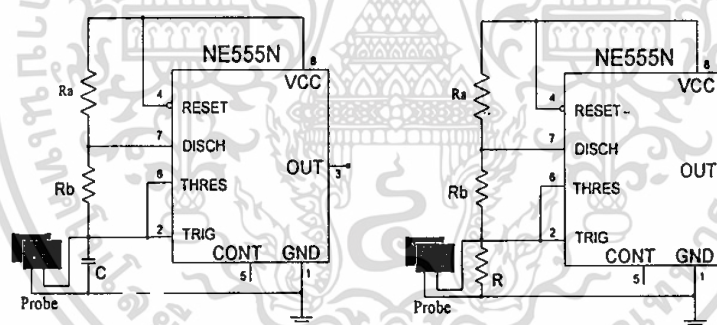
การคำนวณในการออกแบบหาความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณหาความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ ดังสมการที่ 3.1

$$T = 0.693(R_A + 2R_B)C \quad (3.1)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.2)$$

$$f = \frac{1}{0.693(R_A + 2R_B)(C + C_{Probe})} \quad (3.3)$$

การคำนวณในการออกแบบหา ค่าประจุไฟฟ้า และค่าความนำไฟฟ้า ด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



(ก) การออกแบบค่าประจุไฟฟ้า C

(ข) การออกแบบค่าความนำไฟฟ้า R

รูปที่ 3.4 การออกแบบค่าประจุไฟฟ้า และค่าความนำไฟฟ้า

การคำนวณในการออกแบบหาความนำไฟฟ้าของวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณหาความนำไฟฟ้าของวงจรออสซิลเลเตอร์ ดังสมการที่ 3.4

$$R_{xc} = \frac{1}{2f\pi(C_{Probe})} \quad (3.4)$$

กำหนดให้ค่าความถี่  $f = 10 \times 10^3$  ทำการแทนค่าความถี่  $f$  และกำหนดให้  $C = 4.7$  pF เป็น  $C$  ภายในวงจรลงในสมการ เพื่อทำการหาค่าประจุของ  $C_{Probe}$  ดังแสดงในรูปที่ 3.4(ก) โดยสมการที่ 3.3

จากสมการที่ 3.3

$$C_{Probe} = \frac{1}{f[0.693(10k + 20k)] - C}$$

$$C_{Probe} = \frac{1}{(10 \times 10^3)[0.693(30k)] - 4.7pF}$$

ดังนั้น

$$C_{Probe} = 4.81 \text{ nF}$$

กำหนดให้ค่าความถี่  $f = 10 \times 10^3$  และ  $C_{Probe}$  จากการคำนวณ ทำการแทนลงในสมการ เพื่อหาค่าความนำไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.4 (ข) โดยสมการที่ 3.4

จากสมการที่ 3.4

$$R_{xc} = \frac{1}{2f\pi(C_{Probe})}$$

ดังนั้น

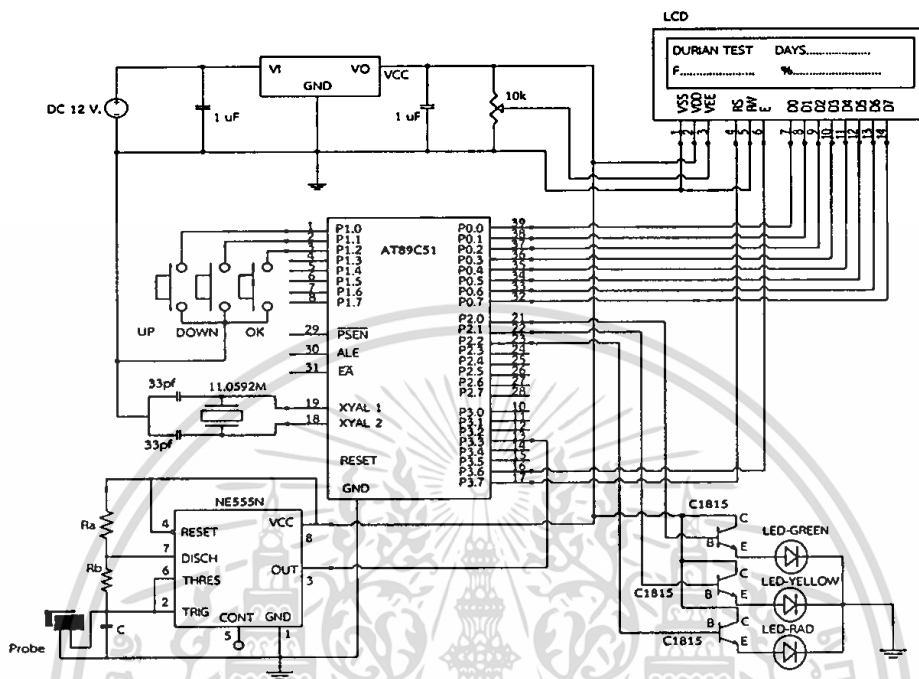
$$R_{xc} = 3.30 \text{ k}\Omega$$

เพราะฉะนั้น ค่าประจุไฟฟ้า และค่าความนำไฟฟ้า จากการออกแบบของอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยได้ค่าประจุไฟฟ้า เท่ากับ 4.81 nF และ ค่าความนำไฟฟ้า เท่ากับ 3.30 k $\Omega$

### 3.2.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นวงจรที่ใช้สำหรับรับค่าความถี่จากวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เพื่อมาประมวลผล แล้วแสดงผลผ่านจอแสดงผลผ่านจอแอลซีดี (LCD) และแสดงผลผ่านหลอดแอลอีดี(LED) โดยส่วนต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C51) ซึ่งแต่ละพอร์ตในการต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอธิบายการออกแบบในการทำหน้าที่แต่ละของแต่ละพอร์ตดังนี้ พอร์ต P0 ต่อกับจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อแสดงข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบทุเรียน พอร์ต P1.0 ถึง P1.2 ต่อกับ ปุ่มสวิตช์ ในการเลือกการใช้งานในการตรวจสอบทุเรียนได้ตามที่ต้องการตามความต้องการ พอร์ต P2.0 ถึง P2.2 จะต่อกับหลอดแอลอีดี เพื่อแสดงสถานะของลูกทุเรียน พอร์ต P3.3/INT1 อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1 โดยเป็นการรับค่าความถี่ที่

ได้มาจากวงจรอะแดปเตอร์เบ็ดเตล็ดเพื่อให้นำไปประมวลผล และ P3.6/WR กับ P3.7/RD เป็นขาข้อมูลที่ส่งไปยังจอแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

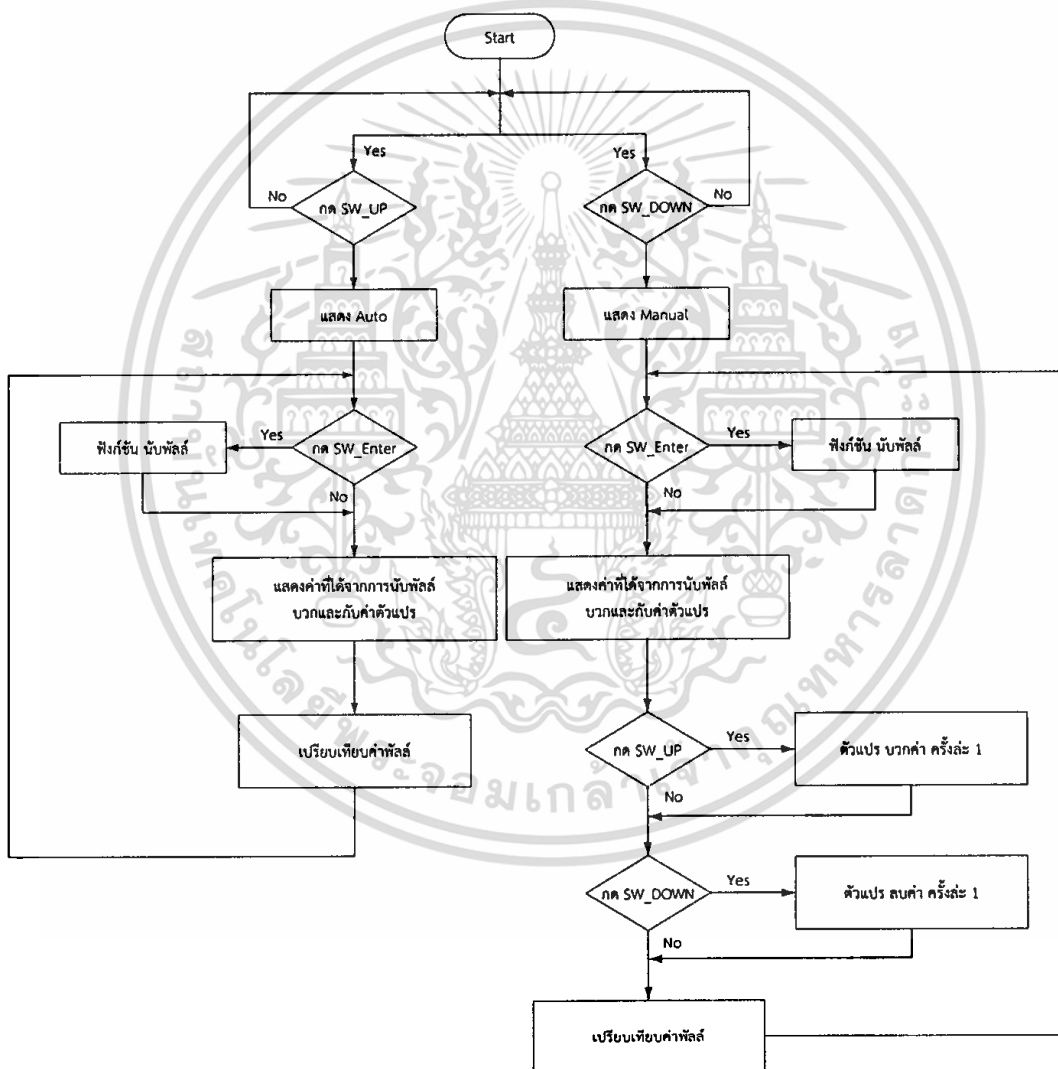
### 3.3 การออกแบบโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ควบคุม (Software)

ในการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ ถือว่าเป็นส่วนสำคัญอีกอย่างหนึ่ง เครื่องตรวจสอบทุเรียนโดยการใช้หลักการคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด ดังนั้นการเขียนซอฟต์แวร์จึงเป็นส่วนที่สำคัญเป็นอย่างมาก อีกทั้งการเขียนผังงานนั้นจะเป็นการบอกขั้นตอนการทำงานของเครื่อง โดยต้องกำหนดลำดับก่อนหลังที่จะทำให้การทำงานของเครื่องทำงานอย่างมีระบบแบบแผนและมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของการซื้ออุปกรณ์ในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน และยังช่วยลดค่าความผิดพลาดในการทำงาน ในการออกแบบซอฟต์แวร์นั้นสามารถอธิบายการออกแบบและอธิบายขั้นตอนทำงานได้ดังนี้

1. โปรแกรมจะเริ่มทำงานเมื่อเปิดเครื่อง จากนั้นจะเข้าสู่หน้าจอ โดยเมนูจะให้การเลือกกระหว่างโหมดที่ 1 และโหมดที่ 2
2. ถ้าเลือกการโหมดที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเข้ารระบบ Auto และถ้าเลือกโหมดที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเข้ารระบบ Manual แล้วแสดงทางหน้าจอแอลซีดี(LCD) จากนั้นแล้วกดปุ่ม Enter
3. เมื่อทำการเลือกโหมดตามที่ต้องการแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับพัลส์แล้วนำเอาค่าพัลส์ที่นับได้ไปแสดงบนจอแอลซีดี ในของแต่ละโหมดการใช้งานแล้วพร้อมบอกสถานะการตรวจสอบทุเรียนบนแถบแอลอีดี (LED) ของเครื่องตรวจสอบทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อทำการเลือกโหมด Auto ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลค่าพัลส์มาแสดงผ่านทางจอแอลซีดี พร้อมบอกสถานะของการตรวจสอบทุเรียนบนแถบแอลอีดี และพร้อมที่จะทำการตรวจสอบ
  5. เมื่อทำการเลือกโหมด Manual ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแสดงค่าพัลส์ที่เข้ามาแสดงผ่านทางจอแอลซีดี โดยสามารถเพิ่มและลดค่าได้ และพร้อมที่จะทำการตรวจสอบ
  6. เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลค่าจากการนับพัลส์ที่เข้ามาแสดงผ่านทางแอลอีดี และแสดงบนแถบแอลอีดี
- จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถเขียนแผนผังการทำงานของเครื่องตรวจสอบทุเรียนที่มีการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 การออกแบบการประมวลผลระดับความสูง

ในการประมวลผลของโปรแกรมของเครื่องตรวจสอบทุเรียนนี้เป็นการนำค่าความถี่ที่ได้จากการทดลองมาทำการประมวลค่าโดย บ่งบอกค่าความถี่ที่ได้จากการวัด บ่งบอกอายุของทุเรียน และบ่งบอกเปอร์เซ็นต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ถ้าทุเรียนอายุ น้อยกว่า 105 วัน จะเป็นทุเรียน 50 - 70% หรือ เป็นค่าที่เปอร์เซ็นต์ที่ไม่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยว จะแสดง
2. ถ้าทุเรียนอายุ 105 - 110 วัน จะเป็นทุเรียน 70 - 75% และ เป็นทุเรียน 75 - 80% ค่าความถี่ในการประมวลผลจะอยู่ในช่วง 9.15 - 9.98 kHz
3. ถ้าทุเรียนอายุ 110 - 116 วัน จะเป็นทุเรียน 80 - 85% และ เป็นทุเรียน 85 - 90% ค่าความถี่ในการประมวลผลจะอยู่ในช่วง 8.14 - 9.15 kHz
4. ถ้าทุเรียนอายุ 116 - 120 วันขึ้นไป จะเป็นทุเรียน 90 - 100% จะเป็นทุเรียนที่สุก โดยที่ค่าความถี่ยังคงเป็นค่าเริ่มต้นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

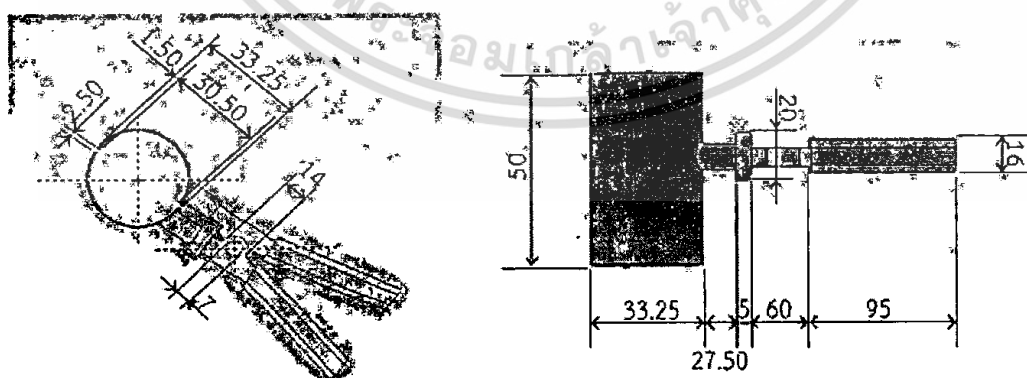
### 3.4 การออกแบบโครงสร้างและส่วนต่างๆของเครื่องตรวจสอบทุเรียน

ในการออกแบบโครงสร้างนั้นมีความสำคัญต่อการใช้งานเครื่องตรวจสอบทุเรียน โดยมุ่งเน้นให้สามารถใช้งานได้ง่ายและมีขนาดเล็กโดย การออกแบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบโพรบ และการออกแบบตัวเครื่อง

#### 3.4.1 การออกแบบโพรบ (Probe Design)

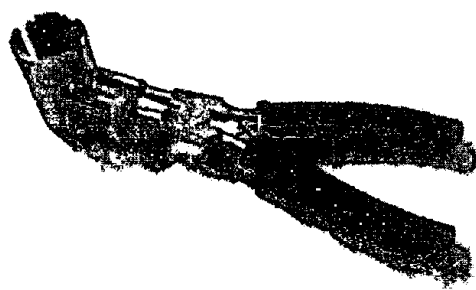
ในการออกแบบโพรบ ได้ทำการออกแบบโพรบเป็นรูปทรงกระบอก โดยการออกแบบโพรบในโครงการวิจัยนี้ได้นำเอาวัสดุนำไฟฟ้าที่เป็นทรงกระบอกนำมาทำโพรบแบบขนาน ด้วยการผ่าครึ่งให้เป็นสองส่วน และนำมาซ้อนให้ขนานกันเหมือนกับหลักการของคาปาซิเตอร์ ซึ่งได้ทำการออกแบบไว้ 3 แบบ ดังต่อไปนี้

1. โพรบแบบคีมคีบ



(ก) รูปจากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



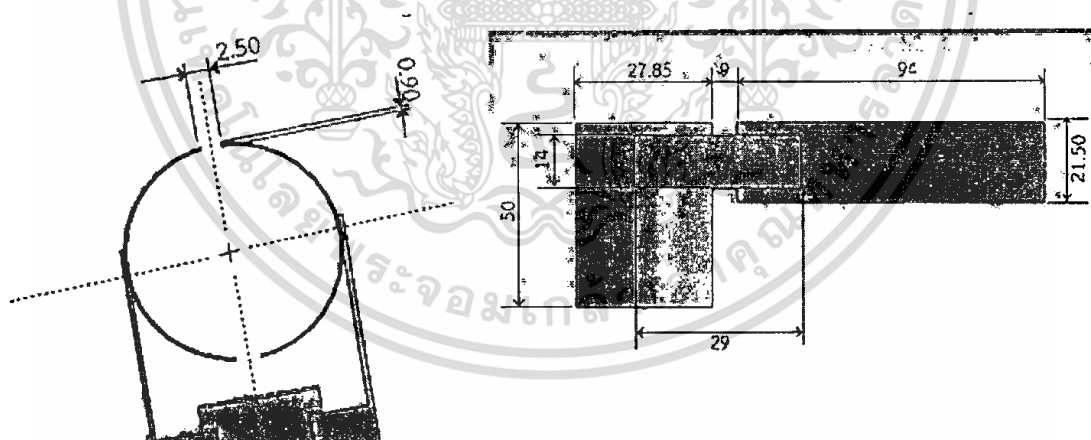
(ข) รูปจริงของโพรบขนานกัน

รูปที่ 3.7 โพรบแบบคีมคีบ

โพรบแบบคีมคีบ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 เป็นการออกแบบ โดยการนำเอาคีมถ่างมาดัดแปลงมาเชื่อมต่อให้ติดกับท่อ สแตนเลสขนาด 2 นิ้ว ยาว 5 เซนติเมตร มาทำการผ่าครึ่งวงกลมเพื่อให้สื่อนำไฟฟ้าบวก (+) ทางด้านซ้ายตรงไปยังพื้นผิวของวัสดุสื่อนำไฟฟ้าที่มีประจุไฟฟ้าลบ (-) ทางด้านขวา

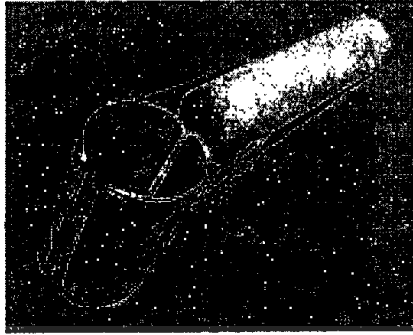
### 3. โพรบแบบขนาน

โพรบแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 3.8 เป็นการออกแบบนำท่อ สแตนเลส 2 นิ้ว ยาว 5 เซนติเมตร ผ่าครึ่งเพื่อเป็นให้สื่อนำไฟฟ้าบวก (+) ทางด้านซ้ายตรงไปยังพื้นผิวของวัสดุสื่อนำไฟฟ้าที่มีประจุไฟฟ้าลบ (-) ทางด้านขวา



(ก) รูปจากการออกแบบ

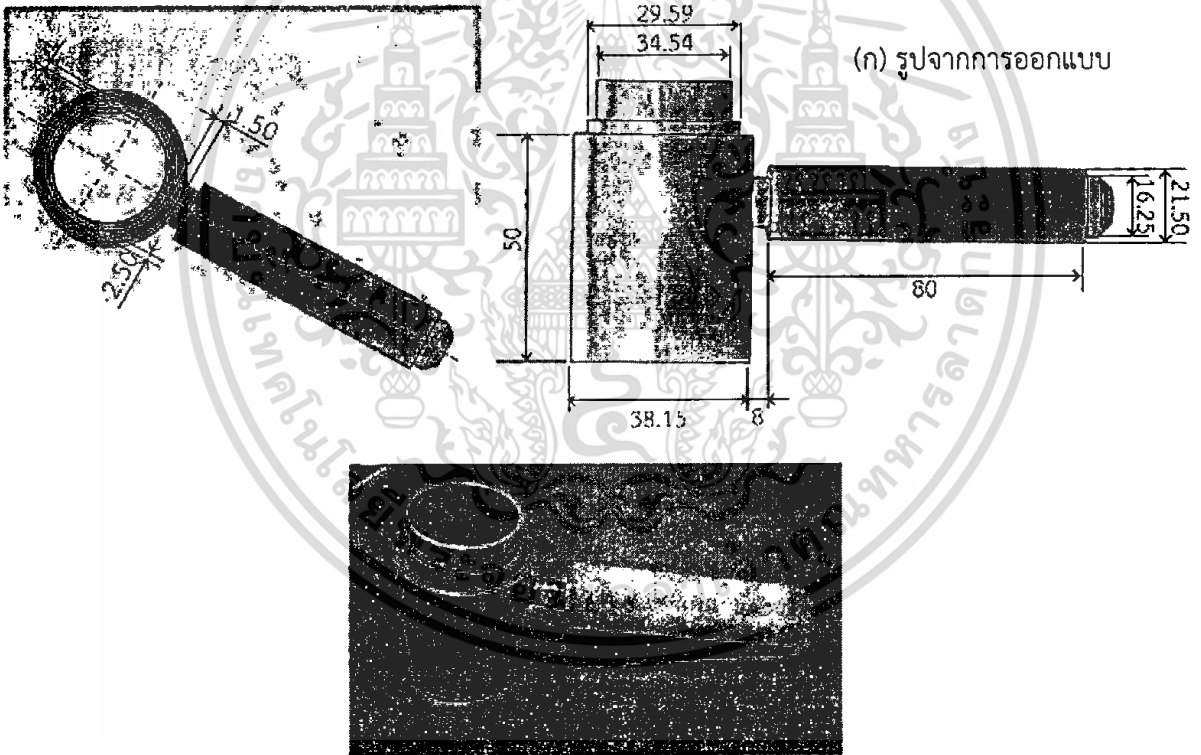
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) รูปจริงของโพรบขนาน

รูปที่ 3.8 โพรบแบบขนาน

2. โพรบแบบซ้อนขนาน



(ข) รูปจริงของโพรบขนานกัน

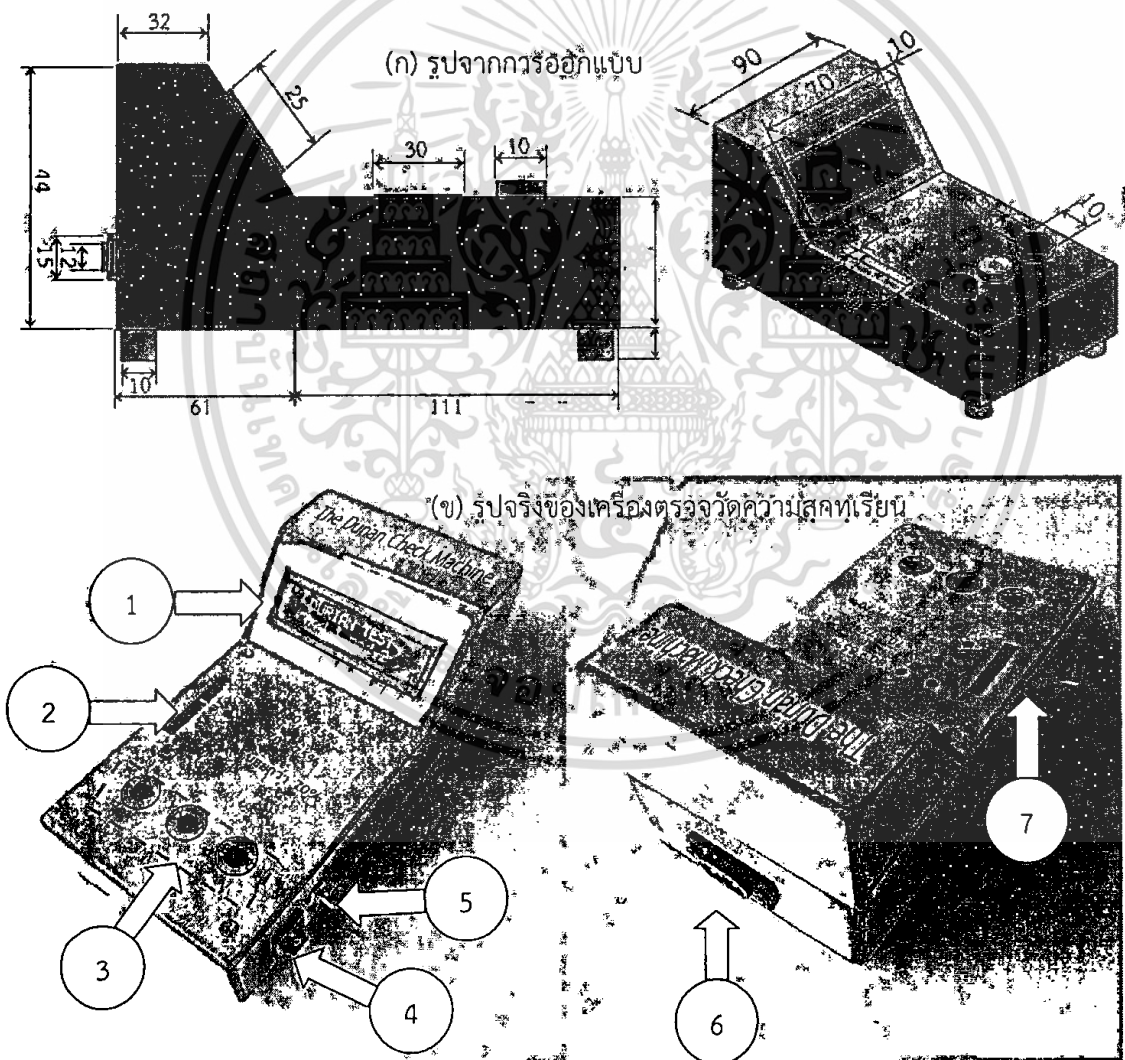
รูปที่ 3.9 โพรบแบบซ้อนขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรบแบบซ้อนขนาน ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เป็นการออกแบบท่อสแตนเลสซ้อนขนานกัน ซึ่งท่อสแตนเลสมีขนาด 2 นิ้ว กับ 1.75 นิ้ว ยาว 5 เซนติเมตรโดยใช้ท่อ PE เป็นตัวกั้นระหว่างกลาง เพื่อไม่ให้ท่อ สแตนเลสด้านในขยับเขยื้อนได้ ซึ่งท่อ PE ก็เปรียบเหมือนกับพลาสติกที่เป็นค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก ซึ่งท่อสแตนเลสทั้งสองเป็นสื่อนำไฟฟ้าบวก (+) ตรงไปยังพื้นผิวของวัสดุสื่อนำไฟฟ้าที่มีประจุไฟฟ้าลบ (-)

### 3.4.2 การออกแบบตัวเครื่องตรวจระดับความสุกทุเรียน

การออกแบบตัวเครื่องตรวจสอบทุเรียน ได้ออกแบบตัวเครื่องให้มีความเหมาะสมต่อการตรวจสอบทุเรียน โดยติดตั้งชุดฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ไว้ในที่เดียวกัน ซึ่งมีเต้าเสียบโพรบอยู่ที่ด้านหน้าของเครื่อง โดยผู้ออกแบบได้เน้นให้เครื่องตรวจสอบทุเรียนมีความ การกะทัดรัด ใช้งานง่าย พกพาสะดวก และสะดวกต่อการตรวจสอบทุเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงการออกแบบเครื่องตรวจวัดความสุกทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดเครื่องตรวจสอบทุเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3.10 (ข)

หมายเลข 1	จอแสดงผล
หมายเลข 2	แถบแสดงผลผ่านแอลอีดี
หมายเลข 3	ปุ่มกดควบคุมการใช้งานของเครื่อง
หมายเลข 4	สวิตช์ ปิด-เปิดการใช้งาน
หมายเลข 5	สวิตช์ รีเซ็ต
หมายเลข 6	เต้าเสียบสำหรับต่อโพรบ
หมายเลข 7	สวิตช์ ปิด-เปิด ของจอแสดงผล

จากการออกแบบทางด้านโครงสร้างและส่วนต่างๆของเครื่องตรวจสอบทุเรียน ทำให้ได้รูปแบบของตัวเครื่องและโพรบที่ใช้ในการตรวจสอบทุเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ภาพรวมของเครื่องตรวจระดับความสุกทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง การวัดคุณภาพ ความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน โดยทำการทดลอง วัดค่าความจุไฟฟ้า วัดค่าความถี่ การหาค่าความจุไฟฟ้า และค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ขั้วของลูกทุเรียน ซึ่งเป็นการศึกษาหาวิธีการตรวจสอบระดับความสุขของทุเรียนด้วยหลักการวัดสมบัติทางไฟฟ้า และหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางไฟฟ้ากับระยะอายุของลูกทุเรียน



รูปที่ 4.1 ลูกทุเรียนที่ใช้ในการทดลอง

#### 4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาค่าประจุไฟฟ้าเริ่มต้นของโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาค่าประจุไฟฟ้าของโพรบที่ได้ทำการออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ ด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า เพื่อนำค่าประจุไฟฟ้าของโพรบที่วัดได้จากเครื่องวัดประจุไฟฟ้านำมาเป็นค่าเริ่มต้นของโครงการเครื่องตรวจสอบทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทดลองความเป็นไปได้ของค่าประจุไฟฟ้าของโพรบที่ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์
2. เพื่อศึกษาทดลองหาค่าประจุไฟฟ้าและนำค่าประจุไฟฟ้าของโพรบแต่ละแบบเป็นค่าประจุไฟฟ้าเริ่มต้น ของโครงการเครื่องตรวจสอบทุเรียน
3. เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าประจุไฟฟ้าจากโพรบแต่ละแบบ

#### 4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

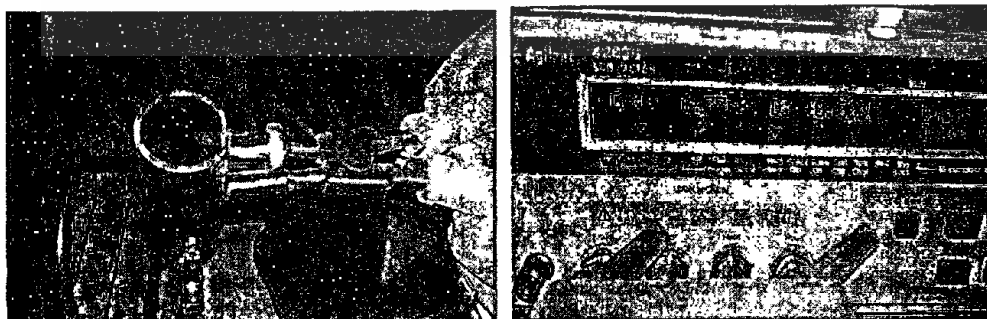
1. นำโพรบที่ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ 3 แบบ ได้แก่ โพรบแบบคีมคีบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบซ้อนขนาน มาทดลองกับเครื่องวัดค่าประจุไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.2
2. ทดลองหาค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า ของแต่ละโพรบ และบันทึกค่าความจุไฟฟ้าที่ได้ ดังแสดงตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

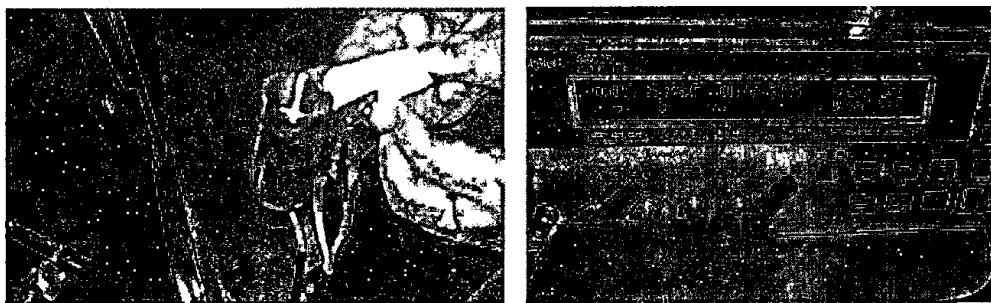
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า

ชนิดโพรบ	ค่าประจุไฟฟ้าที่ได้
โพรบแบบคีมคีบ	6.77 pF
โพรบแบบขนาน	3.33 pF
โพรบแบบซ้อนขนาน	35.00 pF

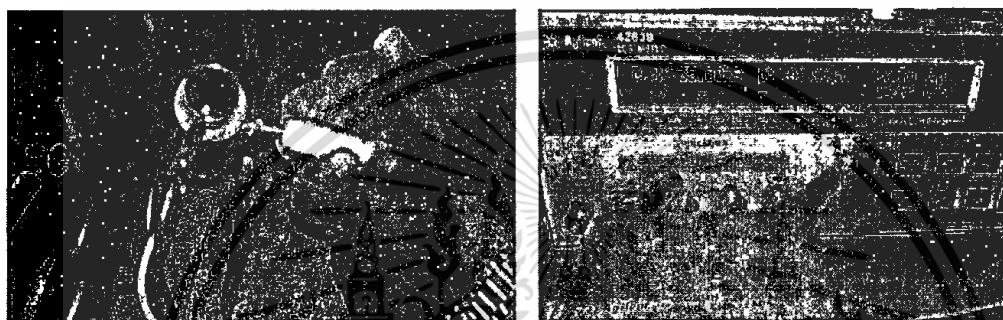


รูปที่ 4.3 โพรบแบบคีมคีบและและค่าประจุไฟฟ้าของโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 โพรบแบบขนานและค่าประจุไฟฟ้าของโพรบ



รูปที่ 4.5 โพรบแบบซ้อนขนานและค่าประจุไฟฟ้าของโพรบ

#### 4.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาค่าความจุไฟฟ้าของโพรบที่ออกแบบ ด้วยเครื่องวัดความจุไฟฟ้า พบว่าค่าประจุไฟฟ้าของแต่ละโพรบแตกต่างกัน โดยค่าประจุไฟฟ้าของโพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบซ้อนขนาน และโพรบแบบทรงกระบอก เท่ากับ 6.77, 3.33, และ 35.00 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 - 4.5

#### 4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาความเป็นไปได้จากหลักการวัดค่าความจุไฟฟ้าด้วยโพรบที่ออกแบบกับทุเรียนจริง

จากการทดลองที่ 1 ทราบค่าความจุไฟฟ้าของโพรบแต่ละชนิดมาแล้ว ซึ่งการทดลองที่ 2 นี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของค่าความจุไฟฟ้าโดยทำการวัดที่ขั้วลูกทุเรียน โดยทดลองแบบหลักการของตัวเก็บประจุ (Capacitor) ได้นำโพรบทั้ง 4 แบบ มาต่อเข้ากับเครื่องวัดประจุไฟฟ้า แล้วทำการทดลองโดยให้ขั้วของลูกทุเรียนอยู่ที่กลางระหว่างโพรบ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแกนอากาศ

##### 4.2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทดลองความเป็นไปได้ในหลักการของตัวเก็บประจุที่ขั้วของลูกทุเรียนในแต่ละโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อศึกษาทดลองเก็บข้อมูลค่าประจุไฟฟ้าของโพรบทั้ง 3 แบบ ที่ขั้วของลูกทุเรียนจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้าว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยแค่ไหนจากแกนที่เป็นอากาศ

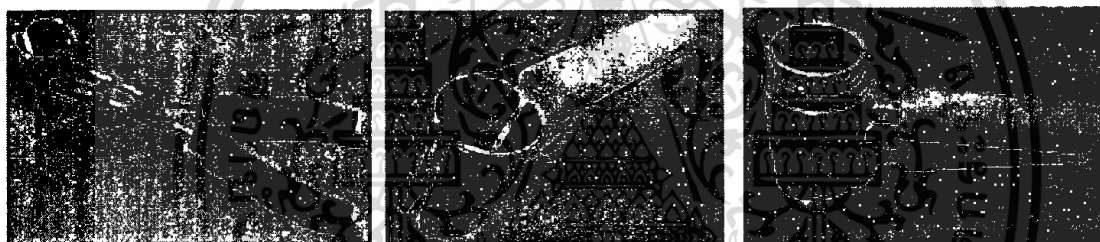
3. เพื่อศึกษาในการตรวจสอบว่าหลักการของตัวเก็บประจุสามารถนำมาตรวจสอบทุเรียนได้จริงหรือไม่

#### 4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำโพรบที่ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ 3 แบบ ได้แก่ โพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน และ โพรบแบบซ้อนขนาน มาวัดหาค่าประจุไฟฟ้าที่ขั้วของลูกทุเรียนด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.6

2. วัดค่าประจุไฟฟ้าที่ขั้วของลูกทุเรียนโดยอาศัยหลักการของตัวเก็บประจุ โดยให้ขั้วของลูกทุเรียนอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของโพรบ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 เพื่อเก็บข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดความจุไฟฟ้าในแต่ละจุดของขั้วทุเรียน

3. ทำการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และจดบันทึกผลการทดลองที่ได้จากเครื่องวัดประจุไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกับแกนที่เป็นอากาศ ดังแสดงตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.6 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

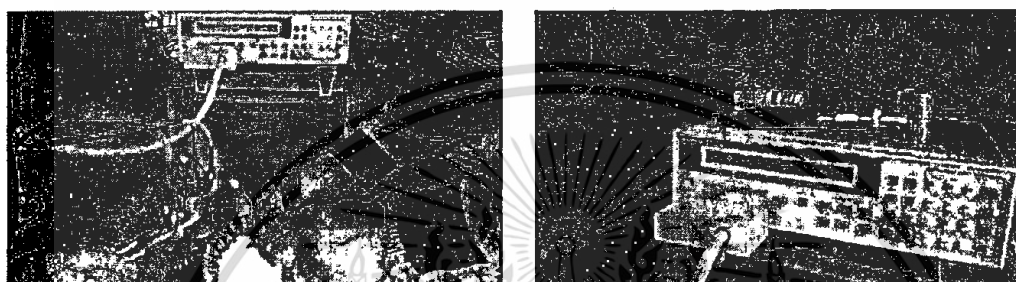


รูปที่ 4.7 ตำแหน่งการทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนแบบหลักการคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองแบบหลักการของตัวเก็บประจุที่ขั้วของลูกทุเรียนของแต่ละโพรบด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า

ชนิดโพรบ	ค่าประจุไฟฟ้า	
	ขั้วทุเรียน	อากาศ
โพรบแบบคิมคิบ	6.77 pF	6.77 pF
โพรบแบบขนาน	3.33 pF	3.33 pF
โพรบแบบซ้อนขนาน	35.00 pF	35.00 pF



รูปที่ 4.8 การทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนและจดบันทึกค่าประจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า

#### 4.2.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ของหลักการวัดค่าความจุไฟฟ้าด้วยโพรบทั้ง 3 แบบ ดังตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าไดอิเล็กตริกที่ขั้วทุเรียนกับค่าไดอิเล็กตริกที่เป็นอากาศความจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากัน หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงเป็นการยากที่จะออกแบบหรือเปลี่ยนเงื่อนไขสัญญาณให้แสดงค่าระดับความสุขของทุเรียนตามค่าความจุที่เปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้อง ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าอื่นๆที่สัมพันธ์กับระดับความสุขหรืออายุของทุเรียนต่อไป

#### 4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของขั้วทุเรียนด้วยโพรบที่ออกแบบ

จากการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองแบบหลักการของตัวเก็บประจุ ไม่สามารถใช้งานในการวัดได้ เพราะค่าไดอิเล็กตริกที่เป็นอากาศกับค่าไดอิเล็กตริกที่เป็นขั้วทุเรียนมีค่าที่เท่ากัน หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทดลองเพื่อศึกษาสมบัติอื่นๆ ในการตรวจสอบทุเรียนด้วยโพรบที่ออกแบบที่อายุ 105-110วัน โดยทำการเลื่อนตำแหน่งจุดวัดด้านบน ด้านซ้าย ตรงกลาง ด้านขวา ด้านล่าง โดยให้โพรบสัมผัสกับขั้วทุเรียน เพื่อต้องการทราบความเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกับขั้วของลูกทุเรียน

##### 4.3.1 วัดอุปสรรค

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของสมบัติอื่นๆ ในการตรวจสอบทุเรียน โดยให้โพรบที่ออกแบบ ทั้ง 3 แบบ สัมผัสกับขั้วของลูกทุเรียนโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลค่าประจุไฟฟ้าของโพรบทั้ง 3 แบบ เมื่อสัมผัสกับขั้วของลูกทุเรียนจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้าโดยหลักการของตัวเก็บประจุ

3. เพื่อศึกษาหลักการของตัวเก็บประจุ เมื่อโพรบสัมผัสกับขั้วของลูกทุเรียน และการเปลี่ยนของค่าความเป็นประจุไฟฟ้า

#### 4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ โพรบแบบคีมคีบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบซ้อนขนาน และโพรบแบบทรงกระบอก มาทดลองที่ขั้วของทุเรียนด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.9

2. ทำการเลื่อนจุดในการวัดที่ขั้วทุเรียนทั้ง 5 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และเก็บข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดความจุไฟฟ้า

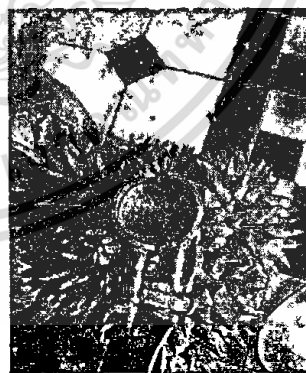
3. ทำการทดลองและจดบันทึกค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า ของแต่ละโพรบ ดังตารางที่ 4.3 – 4.6



รูปที่ 4.9 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์



(ก) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านบน



(ข) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งตรงกลาง

(ง) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านขวา



(จ) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านล่าง

รูปที่ 4.10 การวัดแต่ละตำแหน่งของข้าวทุเรียน

ตารางที่ 4.3 ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้าด้วยโพรบแบบคืบคืบ

ลูกที่	ค่าความจุไฟฟ้าในการวัดตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	9.07	6.55	6.55	9.50	9.00
2	7.07	6.55	6.55	9.50	7.60
3	8.02	6.55	6.55	9.50	7.80
4	10.9	6.55	6.55	9.50	10.60
5	9.42	6.55	6.55	9.50	9.60
6	9.70	6.55	6.55	9.50	9.70
7	9.60	6.55	6.55	9.50	9.60
8	9.40	6.55	6.55	9.40	9.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ) ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้าด้วยโพรบแบบคิบบี

ลูกที่	ค่าความจุไฟฟ้าในการวัดตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
9	9.50	6.55	6.55	9.70	9.50
10	9.50	6.55	6.55	9.60	9.40
11	8.80	6.55	6.55	8.70	8.80
12	9.50	6.55	6.55	9.50	9.60
13	9.30	6.55	6.55	9.30	9.30
14	9.20	6.55	6.55	9.30	9.40
15	9.02	6.56	6.56	9.50	9.20

ตารางที่ 4.4 ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความจุไฟฟ้าในการวัดตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	4.91	5.00	3.33	3.33	4.92
2	4.62	4.85	3.33	3.33	4.51
3	4.82	4.91	3.33	3.33	4.55
4	5.91	5.73	3.33	3.33	5.94
5	5.44	5.68	3.33	3.33	4.83
6	5.52	5.62	3.33	3.33	4.51
7	5.84	5.65	3.33	3.33	4.88
8	5.34	5.58	3.33	3.33	5.93
9	5.26	5.75	3.33	3.33	5.72
10	5.45	5.43	3.33	3.33	5.39
11	5.85	5.59	3.33	3.33	5.60
12	5.87	5.75	3.33	3.33	5.69
13	5.64	5.85	3.33	3.33	5.78
14	5.47	5.54	3.33	3.33	5.46
15	5.82	5.67	3.33	3.33	5.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

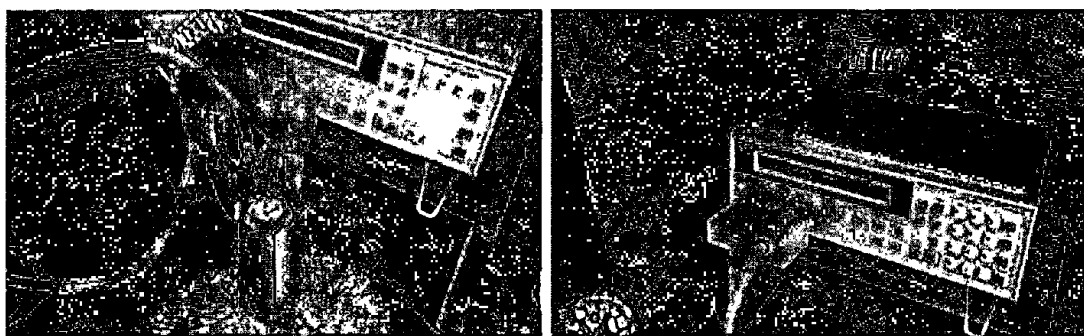
ตารางที่ 4.5 ค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ค่าความจุไฟฟ้าในการวัดตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	38.62	38.52	35.00	38.58	38.62
2	36.12	36.2	35.00	36.15	36.21
3	37.89	38.14	35.00	38.21	38.12
4	39.21	39.31	35.00	39.22	39.3
5	37.5	38.1	35.00	38.1	38.3
6	38.12	38.22	35.00	38.15	37.9
7	37.83	38.21	35.00	37.94	38.25
8	38.91	38.82	35.00	38.75	38.69
9	38.74	38.75	35.00	38.61	38.46
10	38.65	38.32	35.00	38.45	38.65
11	38.73	38.75	35.00	38.56	38.88
12	38.32	38.46	35.00	38.45	38.54
13	38.56	38.46	35.00	38.65	38.47
14	38.42	38.49	35.00	38.51	38.63
15	38.72	38.75	35.00	38.69	38.74

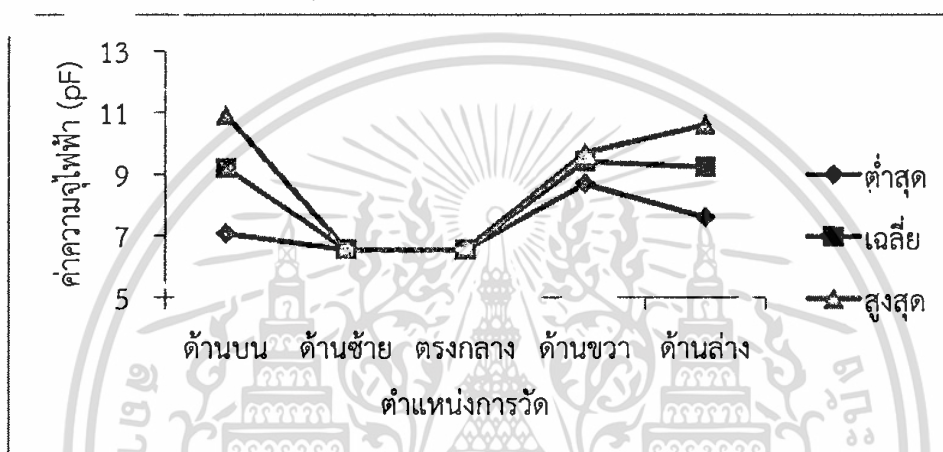
ตารางที่ 4.6 ผลสรุปค่าประจุไฟฟ้าของโพรบแต่ละชนิดด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า

ชนิดของโพรบ		ค่าความจุไฟฟ้าในการวัดตำแหน่งต่างๆ (pF)				
		ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
โพรบแบบคิมคิบ	ต่ำสุด	7.07	6.55	6.55	8.7	7.6
	เฉลี่ย	9.2	6.55	6.55	9.43	9.24
	สูงสุด	10.9	6.56	6.56	9.7	10.6
โพรบแบบขนาน	ต่ำสุด	4.62	4.85	3.33	3.33	4.51
	เฉลี่ย	5.45	5.50	3.33	3.33	5.28
	สูงสุด	5.91	5.85	3.33	3.33	5.94
โพรบแบบซ้อนขนาน	ต่ำสุด	36.12	36.2	35	36.15	36.21
	เฉลี่ย	38.28	38.36	35	38.33	38.38
	สูงสุด	39.21	39.31	35	39.22	39.3

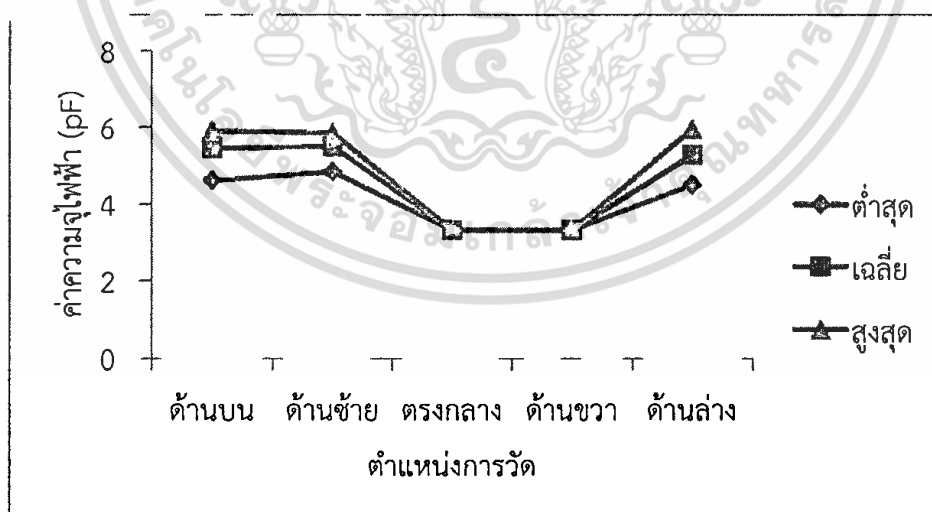
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนและจดบันทึกค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่องวัดประจุไฟฟ้า

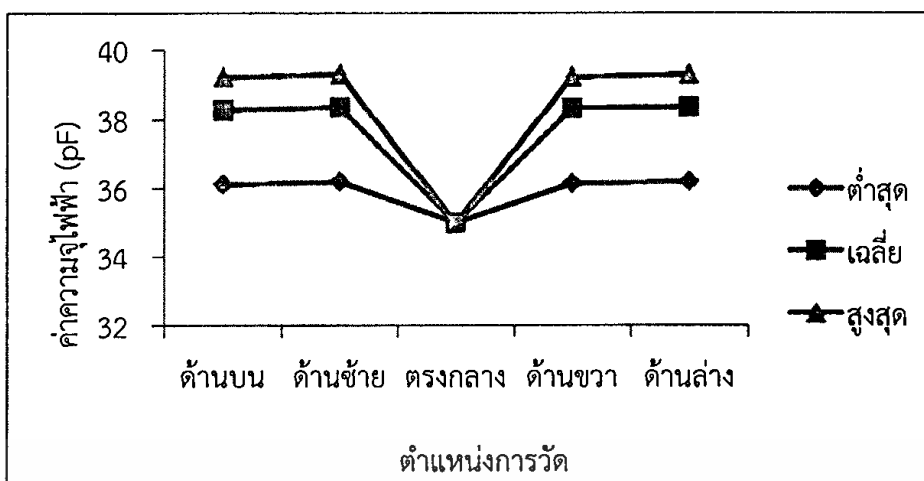


รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง ของโพรบแบบคิมคิบ



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง ของโพรบแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์การเปรียบเทียบค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง ของโพรบแบบช้อนขนาน

#### 4.3.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าในการตรวจระดับความสูงทุเรียนด้วยโพรบที่ออกแบบทั้ง 3 แบบ คือ โพรบแบบคีมคีบ โพรบแบบขนาน และโพรบแบบช้อนขนาน ต่อเข้ากับเครื่องวัดประจุไฟฟ้า แล้ววัดที่ขั้วของลูกทุเรียน โดยให้โพรบสัมผัสกับขั้วของลูกทุเรียนในตำแหน่งที่ต่างกัน พบว่าโพรบแบบคีมคีบ โพรบแบบขนาน และโพรบแบบช้อนขนาน มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ตำแหน่งด้านบนของแต่ละโพรบจะเห็นค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปชัดเจนที่สุด

#### 4.4 การทดลองที่ 4 การทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ที่ออสซิลเลทจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ (ก่อนการเก็บเกี่ยว)

จากการทดลองที่ 3 ได้ศึกษาสมบัติอื่นๆ ในการตรวจสอบทุเรียนด้วยโพรบที่ออกแบบต่อเข้ากับเครื่องวัดประจุไฟฟ้า วัดที่ตำแหน่งที่ขั้วของลูกทุเรียนต่างกัน พบว่า โพรบแบบคีมคีบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบช้อนขนานแล้วแสดงค่าเป็นความจุไฟฟ้า มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากนำความจุไฟฟ้ามาเปลี่ยนเป็นค่าความถี่เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่างอายุทุเรียนกับค่าความถี่ โดยใช้วงจรออสซิลเลทมัลติไวเบรเตอร์ ตามการออกแบบวงจรในบทที่ 3 ในหัวข้อของการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 เพื่อนำมาออสซิลเลท เป็นค่าความถี่ในช่วงต่างๆ ตามอายุทุเรียน โดยกำหนดค่าความถี่เริ่มต้นก่อนทำการทดลองอยู่ที่ 10.02 kHz ใช้โพรบแบบคีมคีบ โดยวัดให้โพรบสัมผัสกับขั้วทุเรียนในตำแหน่งต่างๆ คือ ด้านบน ด้านซ้าย ตรงกลาง ด้านขวา ด้านล่าง ของขั้วทุเรียนที่อายุ 60 – 105 วัน แล้วนำค่าความถี่ที่ได้ไปคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าและหาค่าความต้านทานไฟฟ้า หรือความนำไฟฟ้าต่อไป

##### 4.4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ระหว่างค่าความถี่กับอายุของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยวว่ามีความเป็นไปได้มากหรือน้อยแค่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความถี่กับระยะเวลาของลูกทุเรียนที่อยู่บนต้น
3. เพื่อหาตำแหน่งที่มีความเสถียรสูงสุดจากค่าความถี่หากมีการใช้งานจริง
4. เพื่อนำค่าความถี่ที่ได้ มาคำนวณหาค่าประจุไฟฟ้าและค่าความนำไฟฟ้า

#### 4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงที่ขั้วทุเรียนตามอายุของลูกทุเรียน ดังแสดงในรูปที่ 4.16
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของลูกตามอายุของลูกทุเรียน ดังแสดงในรูปที่ 4.15
3. นำโพรบแบบคิมคิบที่ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16 สวมลงไปที่ยาวของลูกทุเรียน โดยใช้วงจรถอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นตัวออสซิลเลทค่าความถี่
4. วัดที่ขั้วทุเรียนทั้ง 5 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.17 เพื่อเก็บข้อมูลค่าความถี่แต่ละตำแหน่งของ ขั้วทุเรียน
5. วัดทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และจดบันทึกค่าความถี่ที่ได้ ดังแสดงตารางที่ 4.7
6. นำค่าความถี่จากตารางที่ 4.7 มาหาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าโดยหาได้จาก สมการที่ 4.1

$$f = \frac{1}{0.693(R_A + 2R_B)(C + C_{Probe})} \quad (4.1)$$

$$C_{Probe} = \frac{1}{f[0.693(10k + 20k)] - C}$$

โดยที่

$C_{Probe}$  คือ ค่าประจุไฟฟ้าจากโพรบ

$f$  คือ ค่าความถี่

$R_A, R_B$  คือ ค่าความต้านทานภายในวงจรถอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

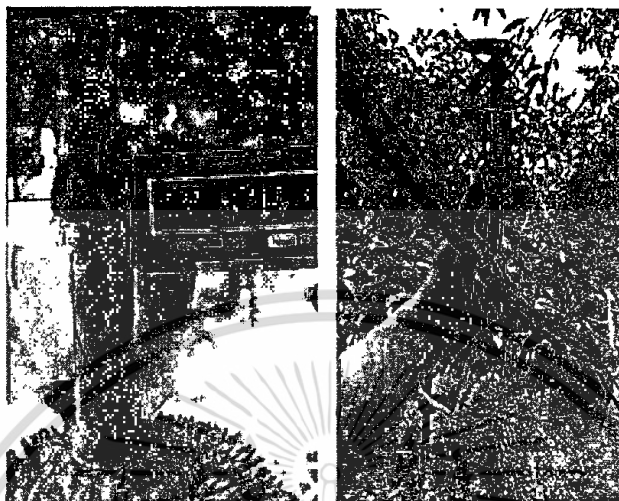
$C$  คือ ค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้าภายในวงจรถอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

7. นำค่าความถี่จากตารางที่ 4.7 มาหาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณหาค่าความนำไฟฟ้าโดยหาได้จาก สมการที่ 4.2

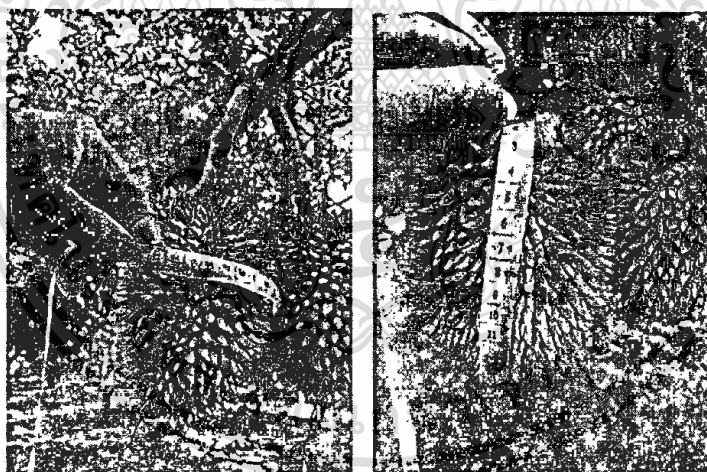
$$R_{xc} = \frac{1}{2f\pi(C_{Probe})} \quad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $R_{xc}$  คือ ค่าความนำไฟฟ้าจากโพรบ  
 $C_{prode}$  คือ ค่าประจุไฟฟ้าจากโพรบ  
 $f$  คือ ค่าความถี่

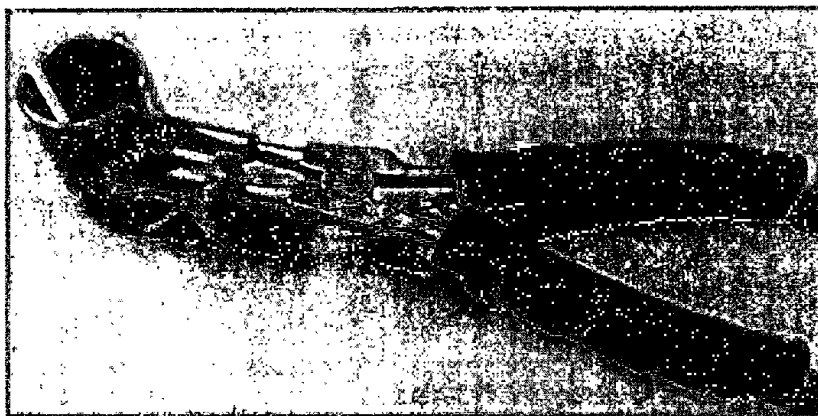


รูปที่ 4.15 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วทุเรียนและความสูงของขั้วทุเรียน



รูปที่ 4.16 การวัดขนาดความสูงของลูกทุเรียนและขนาดเส้นรอบวงของลูกทุเรียน

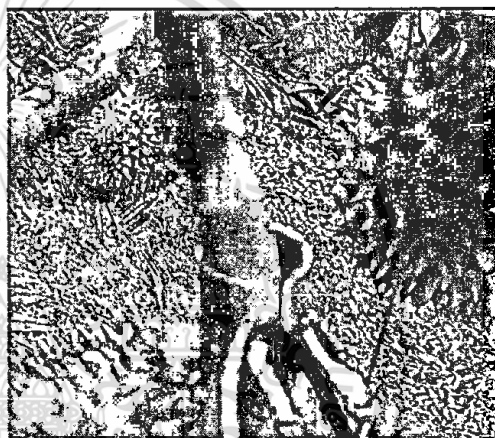
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 โพรบแบบคีมคืบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์



(ก) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านบน



(ข) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านซ้าย



(ค) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งตรงกลาง



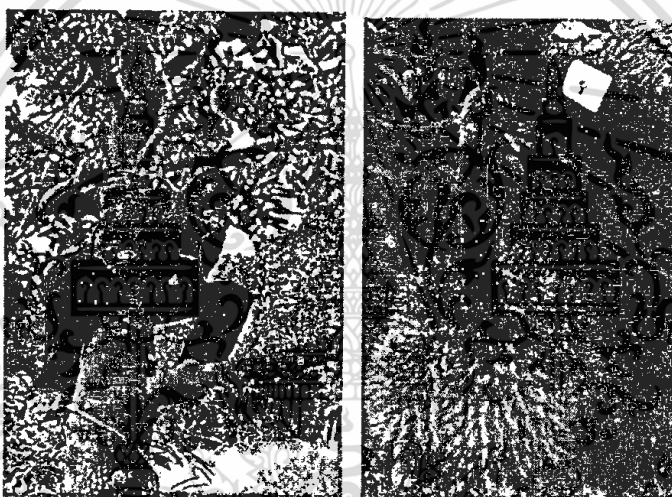
(ง) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านล่าง

รูปที่ 4.18 การทดลองวัดแต่ละตำแหน่งของขั้วทุเรียน



รูปที่ 4.19 การทดลองเก็บข้อมูลค่าความถี่กับทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.7 บันทึกขนาดผล ขนาดขั้ว และผลการทดลองวัดค่าความถี่จากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ของเมื่อวัดทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ลูก ที่	อายุ ทุเรียน	ขนาดของขั้ว (cm)		ขนาดของผล (cm)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
		ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	60 วัน	7.25	15.95	15.2	30.9	9.998	10.02	10.02	9.997	9.999
	70 วัน	7.31	16.46	18.34	44.1	9.996	10.02	10.02	9.995	9.997
	80 วัน	7.35	17	24.5	61	9.995	10.02	10.02	9.994	9.997
	90 วัน	7.8	17.84	27.7	65	9.991	10.02	10.02	9.994	9.991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) บันทึกขนาดผล ขนาดขั้ว และผลการทดลองวัดค่าความถี่จากวงจรมัลติไวเบเรเตอร์ของเมื่อวัดทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ลูกที่	อายุ ทุเรียน	ขนาดของขั้ว (cm)		ขนาดของผล (cm)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
		ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
2	60 วัน	8.55	18.89	15.75	29.5	9.999	10.02	10.02	9.997	9.998
	70 วัน	8.95	19.59	18.95	35.2	9.995	10.02	10.02	9.995	9.995
	80 วัน	9.5	20.35	24.35	70	9.994	10.02	10.02	9.995	9.995
	90 วัน	9.95	20.87	25.65	88	9.993	10.02	10.02	9.993	9.992
3	60 วัน	8.55	15.67	16.65	29.95	9.997	10.02	10.02	9.995	9.998
	70 วัน	8.59	15.96	22.25	45.3	9.996	10.02	10.02	9.994	9.994
	80 วัน	9.51	16.72	26.9	59	9.995	10.02	10.02	9.992	9.994
	90 วัน	9.59	16.98	27.4	60	9.992	10.02	10.02	9.992	9.992
4	60 วัน	10	18.07	15.85	30.6	9.998	10.02	10.02	9.997	9.997
	70 วัน	10.5	18.4	23.35	45.6	9.994	10.02	10.02	9.99	9.992
	80 วัน	11.2	19.03	28.25	61.04	9.996	10.02	10.02	9.993	9.992
	90 วัน	11.7	19.95	28.7	63	9.994	10.02	10.02	9.992	9.991
5	60 วัน	7	17.28	16.01	30.4	9.998	10.02	10.02	9.996	9.998
	70 วัน	7.23	18.24	24.45	49.85	9.995	10.02	10.02	9.996	9.995
	80 วัน	7.8	18.94	26.75	74	9.994	10.02	10.02	9.994	9.995
	90 วัน	8.35	19.22	27.5	75	9.992	10.02	10.02	9.991	9.993
6	60 วัน	7.28	18.45	16.4	29.85	9.997	10.02	10.02	9.997	9.995
	70 วัน	7.86	19.24	24.7	47.35	9.995	10.02	10.02	9.997	9.994
	80 วัน	8.3	19.77	26.25	66	9.995	10.02	10.02	9.995	9.994
	90 วัน	9.5	20.55	26.6	68	9.991	10.02	10.02	9.99	9.994
7	60 วัน	10.03	18	15	29.87	9.998	10.02	10.02	9.998	9.996
	70 วัน	10.68	18.76	21.25	48.23	9.996	10.02	10.02	9.995	9.997
	80 วัน	11.24	19.03	23.54	62.15	9.994	10.02	10.02	9.995	9.996
	90 วัน	11.58	19.50	25.85	66.00	9.992	10.02	10.02	9.994	9.992
8	60 วัน	6.23	19.79	16.45	33.76	9.999	10.02	10.02	9.996	9.998
	70 วัน	6.92	20.45	21.79	51.45	9.997	10.02	10.02	9.997	9.994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) บันทึกขนาดผล ขนาดขั้ว และผลการทดลองวัดค่าความถี่จากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ของ  
เมื่อวัดทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ลูกที่	อายุ ทุเรียน	ขนาดของขั้ว (cm)		ขนาดของผล (cm)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
		ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
8	80 วัน	7.59	20.95	26.56	74.87	9.995	10.02	10.02	9.996	9.995
	90 วัน	8.64	22.79	28.80	76.05	9.99	10.02	10.02	9.992	9.991
9	60 วัน	6.15	16.89	16.75	32.87	9.997	10.02	10.02	9.995	9.998
	70 วัน	6.95	17.03	22.02	49.57	9.999	10.02	10.02	9.994	9.995
	80 วัน	7.29	19.25	26.67	73.58	9.993	10.02	10.02	9.995	9.991
	90 วัน	8.65	20.26	29.59	76.02	9.993	10.02	10.02	9.992	9.993
10	60 วัน	6.69	18.46	16.86	31.99	9.994	10.02	10.02	9.995	9.999
	70 วัน	7.00	19.67	21.89	50.30	9.997	10.02	10.02	9.993	9.996
	80 วัน	7.29	20.03	25.29	73.80	9.994	10.02	10.02	9.992	9.994
	90 วัน	8.60	22.29	28.39	74.05	9.992	10.02	10.02	9.993	9.995
11	60 วัน	10.00	18.05	15.85	32.20	9.998	10.02	10.02	9.997	9.998
	70 วัน	10.10	18.67	23.60	50.10	9.994	10.02	10.02	9.992	9.996
	80 วัน	10.58	18.84	26.21	60.42	9.995	10.02	10.02	9.994	9.993
	90 วัน	11.07	19.00	28.05	74.05	9.996	10.02	10.02	9.991	9.994
12	60 วัน	8.03	18.66	15.25	31.87	9.997	10.02	10.02	9.995	9.995
	70 วัน	8.46	19.54	22.90	48.23	9.995	10.02	10.02	9.998	9.998
	80 วัน	8.86	20.11	24.34	60.75	9.992	10.02	10.02	9.995	9.9954
	90 วัน	9.20	20.39	26.95	70.05	9.991	10.02	10.02	9.992	9.992
13	60 วัน	11.05	17.15	15.75	30.85	9.999	10.02	10.02	9.997	9.996
	70 วัน	11.58	17.42	23.28	45.23	9.996	10.02	10.02	9.996	9.997
	80 วัน	12.45	18.6	25.41	60.15	9.996	10.02	10.02	9.992	9.994
	90 วัน	13.45	19.56	29.10	70.25	9.992	10.02	10.02	9.992	9.996
14	60 วัน	7.09	22.21	13.58	30.90	9.997	10.02	10.02	9.998	9.995
	70 วัน	7.55	22.65	24.88	44.10	9.997	10.02	10.02	9.994	9.997
	80 วัน	8.45	23.85	26.12	50.47	9.994	10.02	10.02	9.992	9.992
	90 วัน	9.30	24.41	27.60	64.06	9.992	10.02	10.02	9.993	9.992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) บันทึกขนาดผล ขนาดขั้ว และผลการทดลองวัดค่าความถี่จากวงจรมัลติไวเบเรเตอร์ของ  
เมื่อวัดทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ลูกที่	อายุ ทุเรียน	ขนาดของขั้ว (cm)		ขนาดของผล (cm)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
		ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
15	60 วัน	6.45	21.34	15.87	30.78	9.998	10.02	10.02	9.998	9.995
	70 วัน	6.96	21.79	26.87	43.87	9.996	10.02	10.02	9.995	9.996
	80 วัน	7.65	23.49	28.23	55.89	9.994	10.02	10.02	9.992	9.993
	90 วัน	8.45	24.03	30.50	73.06	9.993	10.02	10.02	9.992	9.991
16	60 วัน	6.45	16.21	14.98	33.78	9.996	10.02	10.02	9.999	9.997
	70 วัน	6.98	16.76	24.87	47.67	9.997	10.02	10.02	9.995	9.996
	80 วัน	7.15	17.67	26.03	53.55	9.992	10.02	10.02	9.993	9.995
	90 วัน	7.82	18.77	27.90	65.06	9.99	10.02	10.02	9.991	9.992
17	60 วัน	9.34	15.34	15.52	32.12	9.995	10.02	10.02	9.995	9.994
	70 วัน	9.99	15.98	22.79	47.98	9.996	10.02	10.02	9.994	9.994
	80 วัน	10.68	16.95	26.75	53.48	9.992	10.02	10.02	9.994	9.994
	90 วัน	11.44	18.59	28.00	67.08	9.993	10.02	10.02	9.992	9.992
18	60 วัน	5.33	14.55	14.76	29.85	9.997	10.02	10.02	9.996	9.996
	70 วัน	5.98	14.88	24.88	40.66	9.995	10.02	10.02	9.997	9.995
	80 วัน	6.78	15.23	26.05	51.13	9.993	10.02	10.02	9.995	9.995
	90 วัน	7.13	16.45	27.00	59.05	9.991	10.02	10.02	9.992	9.997
19	60 วัน	5.22	13.23	14.88	29.89	9.998	10.02	10.02	9.997	9.996
	70 วัน	5.78	13.88	23.45	47.75	9.997	10.02	10.02	9.997	9.994
	80 วัน	6.43	14.86	24.98	50.75	9.995	10.02	10.02	9.996	9.994
	90 วัน	7.39	16.67	26.50	62.02	9.992	10.02	10.02	9.993	9.992
20	60 วัน	4.43	19.21	16.05	30.22	9.998	10.02	10.02	9.997	9.995
	70 วัน	4.98	19.78	27.54	45.76	9.995	10.02	10.02	9.997	9.995
	80 วัน	5.73	20.85	28.65	59.24	9.994	10.02	10.02	9.995	9.996
	90 วัน	6.64	21.44	29.50	74.00	9.991	10.02	10.02	9.988	9.992
21	60 วัน	3.45	19.19	15.56	31.87	9.997	10.02	10.02	9.998	9.997
	70 วัน	3.86	19.55	24.67	45.98	9.996	10.02	10.02	9.995	9.998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

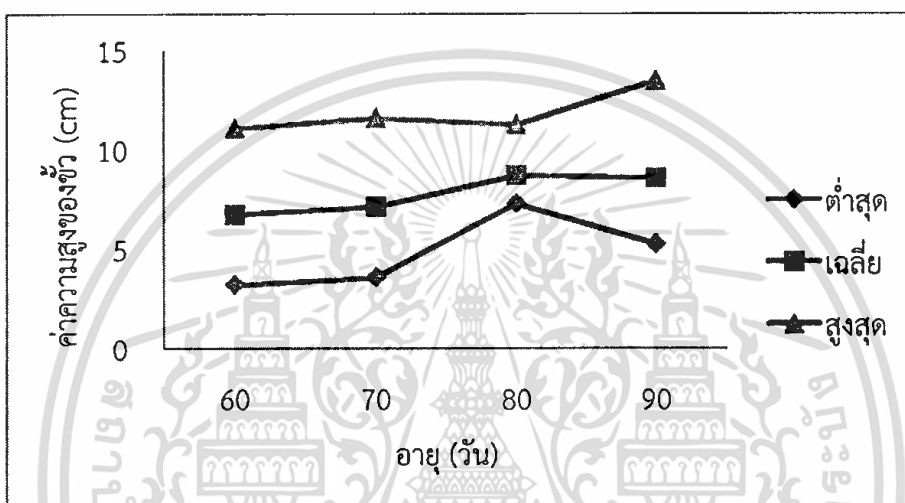
ตารางที่ 4.7 (ต่อ) บันทึกขนาดผล ขนาดซี่ และผลการทดลองวัดค่าความถี่จากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ของ  
เมื่อวัดทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ลูกที่	อายุ ทุเรียน	ขนาดของซี่ (cm)		ขนาดของผล (cm)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
		ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
21	80 วัน	4.43	19.21	16.05	30.22	9.998	10.02	10.02	9.997	9.995
	90 วัน	4.98	19.78	27.54	45.76	9.995	10.02	10.02	9.997	9.995
22	60 วัน	4.99	18.23	15.88	32.00	9.996	10.02	10.02	9.996	9.998
	70 วัน	5.84	18.44	22.54	45.88	9.996	10.02	10.02	9.996	9.994
	80 วัน	6.75	19.35	25.94	57.88	9.993	10.02	10.02	9.995	9.995
	90 วัน	7.53	20.52	27.50	70.10	9.994	10.02	10.02	9.991	9.991
23	60 วัน	5.05	17.05	14.00	31.55	9.998	10.02	10.02	9.997	9.998
	70 วัน	5.55	17.50	23.35	47.56	9.994	10.02	10.02	9.997	9.997
	80 วัน	7.35	17	24.5	61	9.994	10.02	10.02	9.992	9.995
	90 วัน	7.84	19.80	28.00	72.00	9.993	10.02	10.02	9.992	9.992
24	60 วัน	5.15	20.87	15.57	30.00	9.997	10.02	10.02	9.998	9.997
	70 วัน	5.39	21.10	23.43	45.25	9.998	10.02	10.02	9.993	9.994
	80 วัน	6.42	22.29	25.73	55.86	9.995	10.02	10.02	9.994	9.995
	90 วัน	7.25	23.21	27.50	70.00	9.991	10.02	10.02	9.992	9.994
25	60 วัน	3.21	16.97	16.32	29.95	9.998	10.02	10.02	9.998	9.999
	70 วัน	3.58	17.25	23.45	46.77	9.994	10.02	10.02	9.994	9.995
	80 วัน	4.25	18.75	26.71	60.82	9.992	10.02	10.02	9.993	9.993
	90 วัน	5.35	19.41	28.00	74.10	9.99	10.02	10.02	9.993	9.993
26	60 วัน	5.34	18.32	17.85	30.29	9.996	10.02	10.02	9.999	9.996
	70 วัน	5.72	18.55	24.50	46.55	9.995	10.02	10.02	9.996	9.995
	80 วัน	6.52	18.93	25.47	61.04	9.994	10.02	10.02	9.996	9.993
	90 วัน	7.80	19.42	26.00	70.00	9.992	10.02	10.02	9.991	9.99
27	60 วัน	5.25	23.25	14.60	28.89	9.996	10.02	10.02	9.995	9.998
	70 วัน	5.87	23.78	22.92	43.75	9.996	10.02	10.02	9.995	9.996
	80 วัน	6.77	24.52	24.18	55.94	9.996	10.02	10.02	9.996	9.995
	90 วัน	7.33	25.50	25.25	67.02	9.992	10.02	10.02	9.992	9.993

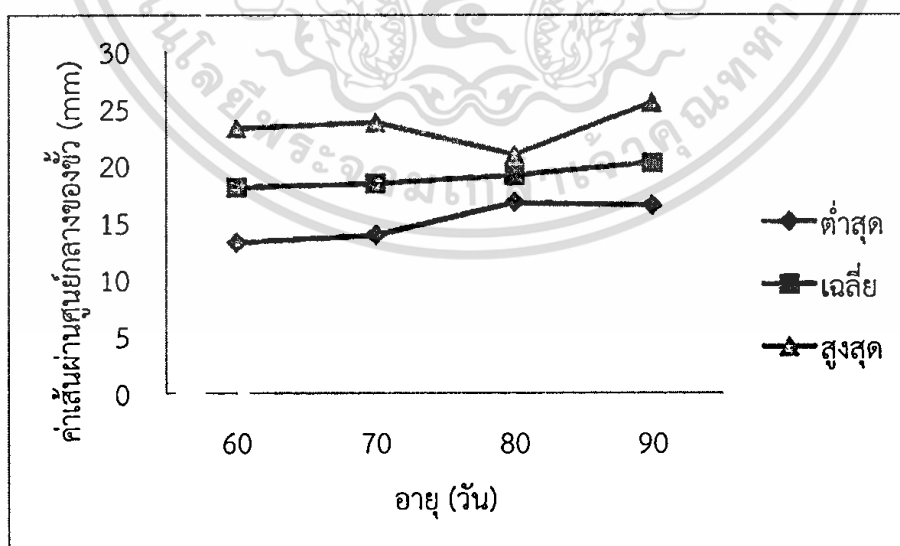
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลสรุปรูปขนาดของซี่ทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

อายุทุเรียน	ความสูงของซี่ (cm)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
60 วัน	3.21	6.74	11.05	13.23	18.05	23.25
70 วัน	3.58	7.13	11.58	13.88	18.4	23.78
80 วัน	7.29	8.7	11.24	16.72	19.11	20.95
90 วัน	5.25	8.59	13.45	16.45	20.2	25.5



รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของซี่ กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

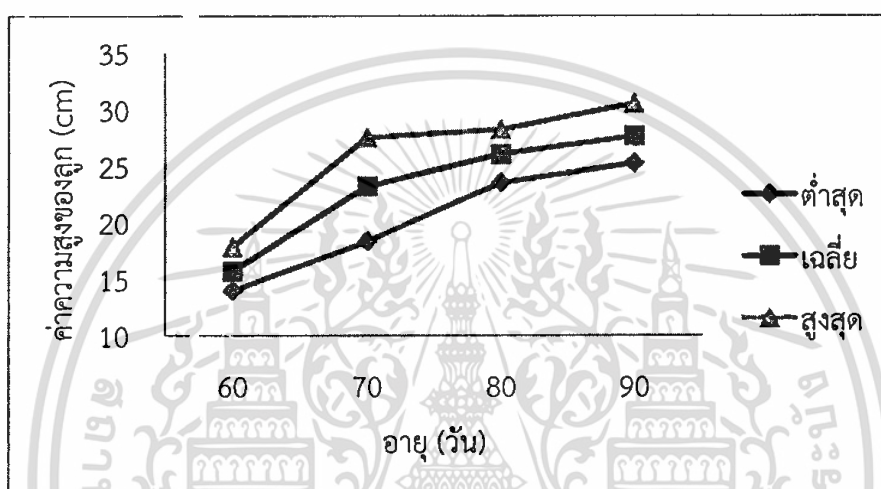


รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของซี่ กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

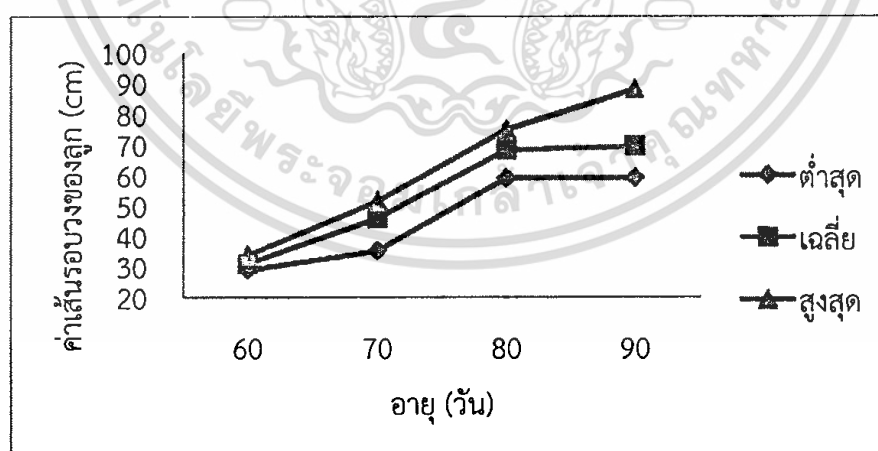
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลสรุปขนาดของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

อายุทุเรียน	ความสูงของลูก (cm)			เส้นรอบวงของลูก (cm)		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
60 วัน	14	15.69	17.85	28.89	30.91	33.78
70 วัน	18.34	23.21	27.54	35.2	45.9	51.45
80 วัน	23.54	26.06	28.25	59	68.27	74.87
90 วัน	25.25	27.65	30.5	59.05	69.52	88



รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลูก กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

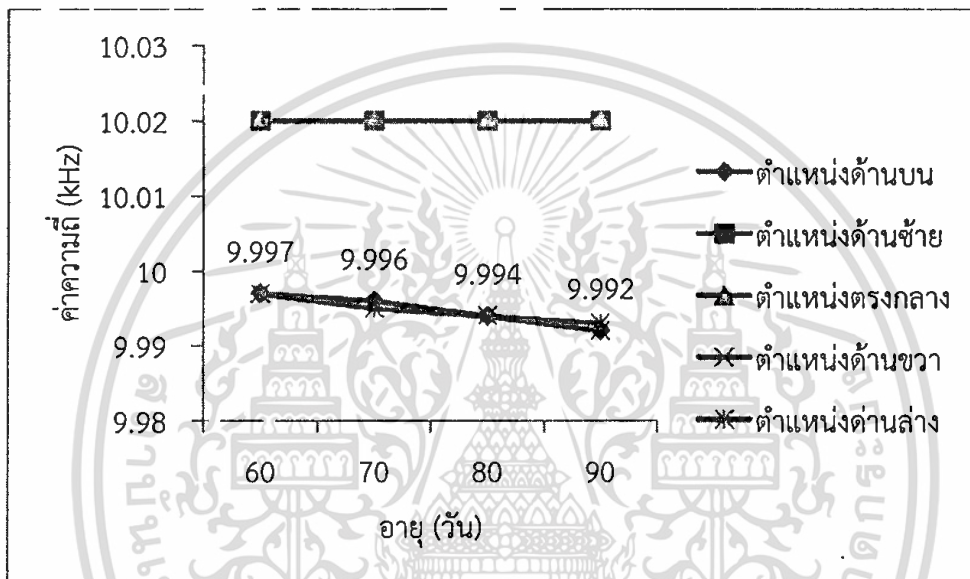


รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบวงของลูก กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลสรุปการทดลองในการวัดค่าความถี่แต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว จาก ตารางที่ 4.8

อายุทุเรียน	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
60 วัน	9.997	10.02	10.02	9.997	9.997
70 วัน	9.996	10.02	10.02	9.995	9.995
80 วัน	9.994	10.02	10.02	9.994	9.994
90 วัน	9.992	10.02	10.02	9.992	9.993

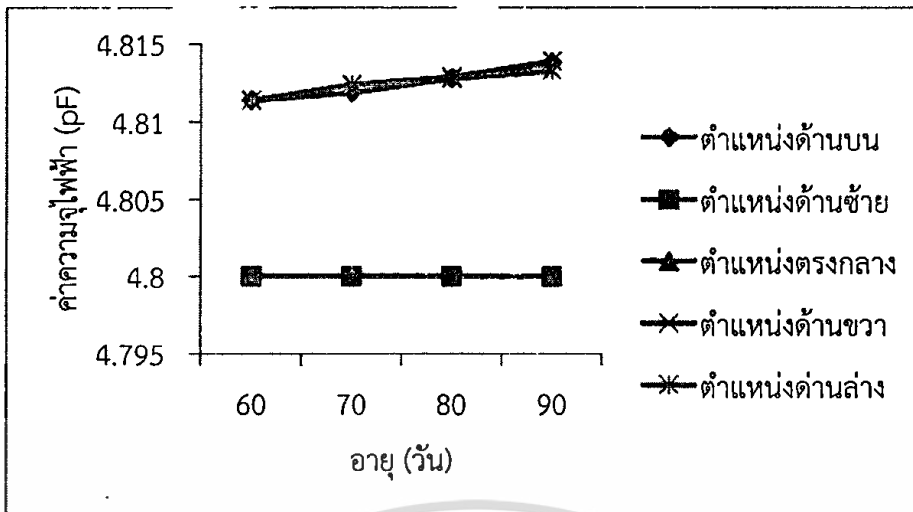


รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่แต่ละตำแหน่ง กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

อายุทุเรียน	ค่าความจุไฟฟ้าจากการคำนวณจากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
60 วัน	4.811	4.8	4.8	4.811	4.811
70 วัน	4.812	4.8	4.8	4.812	4.812
80 วัน	4.813	4.8	4.8	4.813	4.813
90 วัน	4.814	4.8	4.8	4.814	4.813

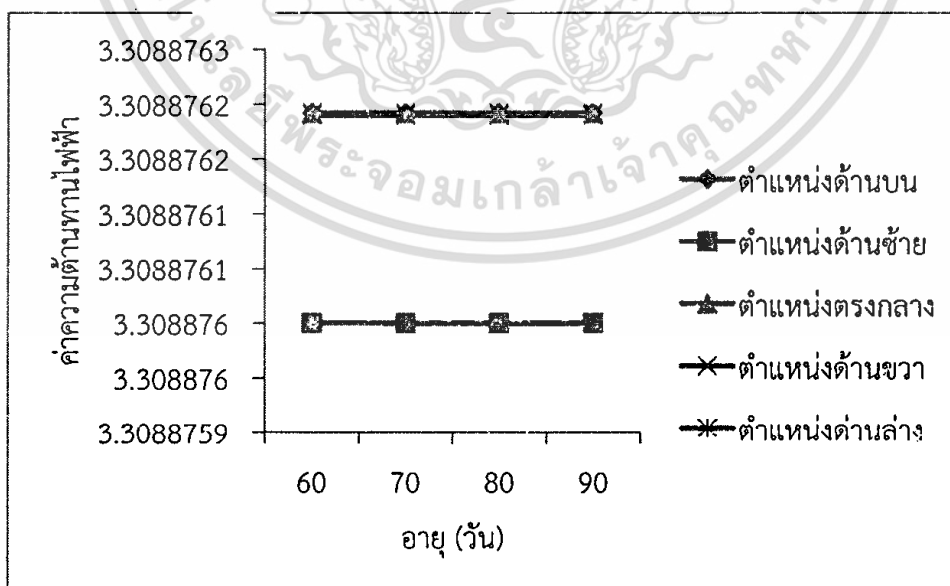
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

อายุทุเรียน	ค่าความต้านทานไฟฟ้าจากการคำนวณจากการวัดในตำแหน่งต่างๆ(k $\Omega$ )				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
60 วัน	3.309	3.309	3.309	3.309	3.309
70 วัน	3.309	3.309	3.309	3.309	3.309
80 วัน	3.309	3.309	3.309	3.309	3.309
90 วัน	3.309	3.309	3.309	3.309	3.309



รูปที่ 4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าแต่ละตำแหน่ง กับอายุทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ด้วยเครื่องตรวจสอบทุเรียน ดังตารางที่ 4.7 เป็นการทดลองเก็บข้อมูลของลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยวในช่วงอายุทุเรียน 60 – 90 วัน โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ขนาดของขั้วทุเรียนตลอดจนถึงขนาดของลูกทุเรียน ซึ่งใช้วงจร มัลติไวเบรเตอร์ เป็นตัวออสซิลเลทค่าความถี่ในแต่ละช่วงของอายุทุเรียน โดยสรุปได้ว่า ในช่วงอายุของทุเรียน 60 – 90 วัน ค่าความถี่ที่ตำแหน่งในการวัดด้านบนอยู่ที่ 9.94 - 9.57 kHz (ความถี่ที่ออสซิลเลทออกมาจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์จะลดลงเมื่ออายุทุเรียนเพิ่มขึ้น) ค่าความถี่ตำแหน่งด้านซ้ายและตำแหน่งตรงกลาง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ยังคงเป็นค่าความถี่เริ่มต้นที่ 10.02 kHz ค่าความถี่ที่ตำแหน่งด้านขวาอยู่ที่ 9.94 – 9.75 kHz และค่าความถี่ที่ตำแหน่งด้านล่างอยู่ที่ 9.92 – 9.75 kHz ดังนั้นขนาดของขั้วทุเรียนและขนาดของลูกทุเรียนจะขยายเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุ แต่ค่าความถี่ที่วัดได้มีค่าลดลง โดยที่ค่าความจุไฟฟ้าและค่าความต้านทานไฟฟ้าจากการคำนวณมีค่าที่เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ ทุเรียนอายุ 91 - 115 วัน ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากช่วงเวลานั้นเป็นช่วงมรสุม ทำให้ฝนตกหนัก จึงไม่สามารถที่จะเก็บผลการทดลองได้ และในส่วนของทุเรียนอายุ 115 ขึ้นไปเกษตรกรชาวสวนทุเรียนจะไม่ให้ลูกทุเรียนครบกำหนด 115 วัน เพราะจะทำให้ทุเรียนมีน้ำหนักเบา และไม่ตรงตามเปอร์เซ็นต์การส่งออก นอกจากนี้ทุเรียนหลุ่ตรงวง นำไปขายไม่ได้ราคา จึงทำให้เกษตรกรชาวสวนทุเรียนเกิดการขาดทุน จึงต้องไปทำการเก็บผลการทดลองหลังการเก็บเกี่ยว

#### 4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ที่ออสซิลเลทจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ (หลังการเก็บเกี่ยว)

การทดลองนี้เป็นการทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ด้วยเครื่องตรวจสอบทุเรียน โดยทำการทดลองต่อจากการทดลองที่ 4 เป็นการทดลองก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวในช่วงอายุทุเรียน 105-120 วัน โดยใช้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จากการออกแบบวงจรในบทที่ 3 หัวข้อของการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยใช้โพรบแบบคีบคีบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบซ้อนขนาน เป็นตัวออสซิลเลทความถี่ที่ขั้วของทุเรียน ซึ่งกำหนดให้ค่าความถี่เริ่มต้นอยู่ที่ 10.02 kHz ก่อนทำการทดลอง จากนั้นทำการทดลองที่ขั้วของลูกทุเรียนที่ทำการเก็บเกี่ยวแล้วในช่วงอายุ 105 – 120 วัน เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่แล้วนำค่าความถี่ที่ได้ไปคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าและหาค่าความนำไฟฟ้า

##### 4.5.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการศึกษาความเป็นไปได้ระหว่างค่าความถี่ กับอายุของลูกทุเรียนหลังจากการเก็บเกี่ยวว่ามีความเป็นไปได้มากหรือน้อยแค่ไหน
2. เพื่อทดสอบว่าค่าความถี่กับระยะอายุของลูกทุเรียนหลังจากการเก็บเกี่ยวว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยไปกว่าทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อทดสอบดูว่าค่าความถี่ในการวัดแต่ละตำแหน่งตรงไหนเสถียรที่สุด และต้องควรวัดตรงไหนให้เหมาะสมในการการใช้งานจริง

4. เพื่อนำค่าความถี่ที่ได้ นำมาคำนวณหาค่าประจุไฟฟ้าและคำนวณหาค่าความนำไฟฟ้า

#### 4.5.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของขั้ว ของลูกทุเรียนที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.28

2. ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของลูก ของลูกทุเรียนที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.27

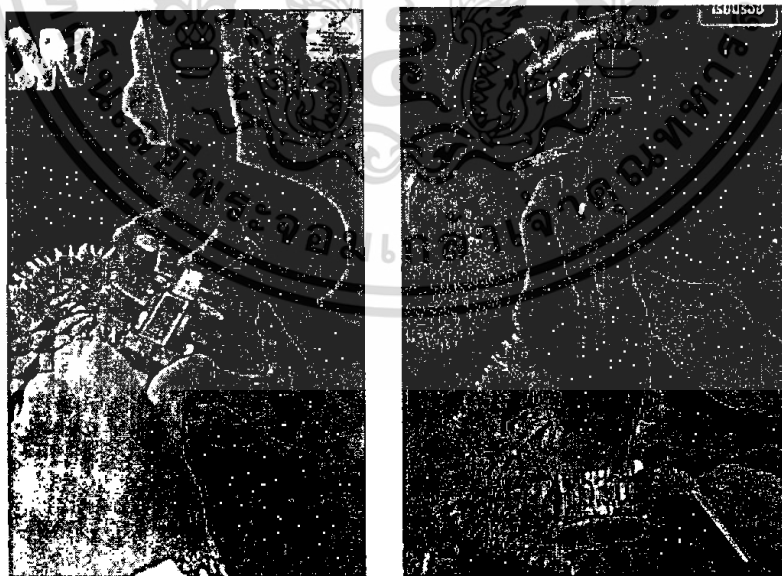
3. นำโพรบที่ได้ออกแบบไว้ 3 แบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ดังรูปที่ 4.28 ซึ่งใช้วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นตัวสร้างความถี่ วัดที่ขั้วทุเรียน

4. ทำการเลื่อนจุดในการวัดที่ขั้วทุเรียน 5 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.29 เพื่อเก็บข้อมูลค่าความถี่แต่ละจุดของขั้วทุเรียน

5. ทำการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.30 และจัดบันทึกค่าความถี่ที่ได้จากการวัดที่ขั้วของลูกทุเรียนของแต่ละโพรบที่ได้ทำการออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 – 4.24

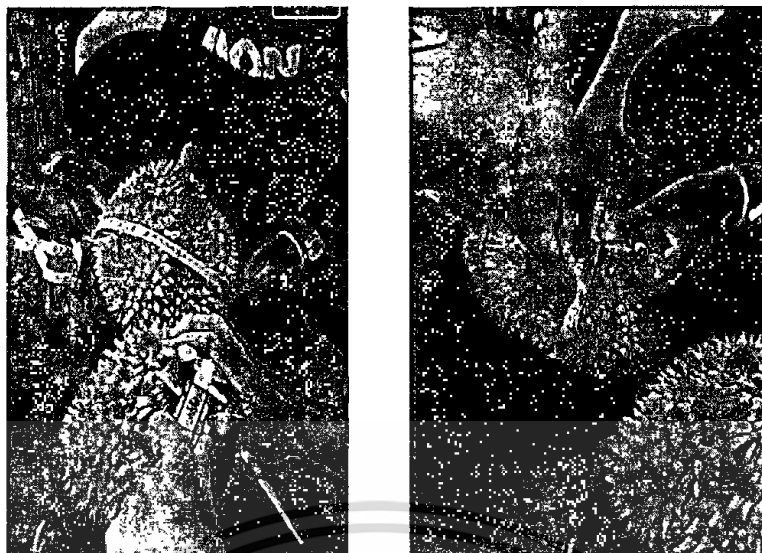
6. นำค่าความถี่ที่วัดได้ขั้วของลูกทุเรียนของโพรบแต่ละแบบมาหาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าโดยหาได้จากสมการที่ 4.1

7. นำค่าความถี่ที่ได้จากการวัดที่ขั้วของลูกทุเรียนของแต่ละโพรบที่ได้ทำการออกแบบมาหาค่าเฉลี่ย แล้วคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าโดยหาได้จากสมการที่ 4.2



รูปที่ 4.27 การวัดขนาดความสูงของขั้ว และการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



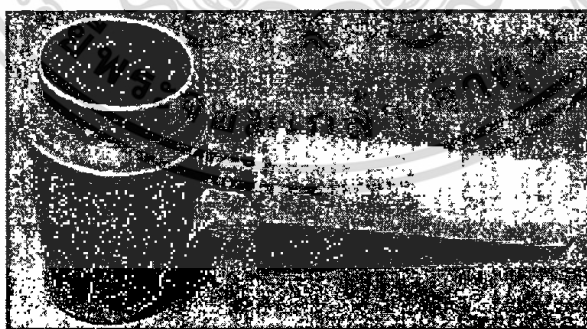
รูปที่ 4.28 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และการวัดขนาดความสูงของลูก



(ก) โพรบที่ใช้ในการทดลองแบบคิมคิบ



(ข) โพรบที่ใช้ในการทดลองแบบขนาน



(ค) โพรบที่ใช้ในการทดลองแบบซ้อนขนาน

รูปที่ 4.29 โพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านบน

(ข) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านซ้าย



(ค) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งตรงกลาง

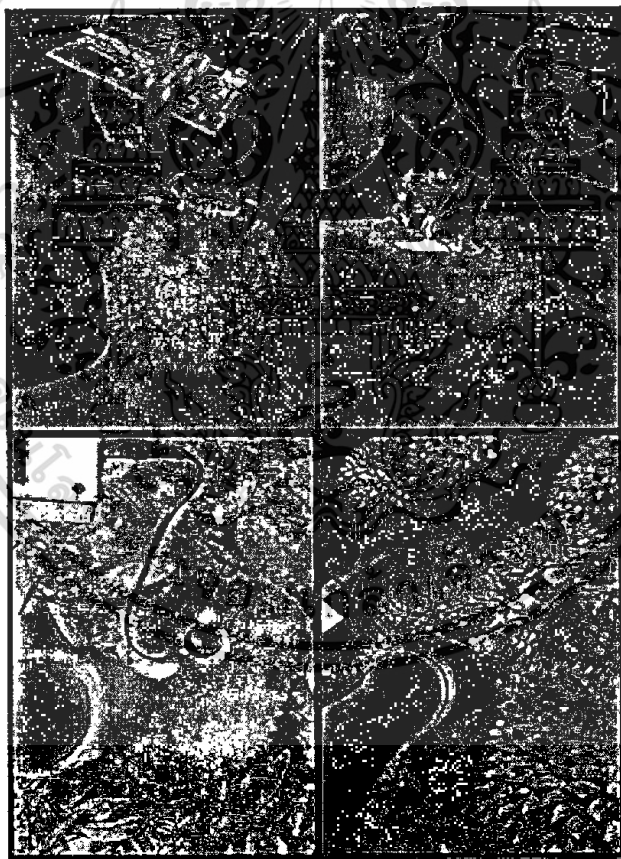
(ง) เป็นการวัดที่ก้านทุเรียนตำแหน่งด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) เป็นการวัดที่กำหนุเรียนตำแหน่งด้านล่าง

รูปที่ 4.30 การวัดแต่ละตำแหน่งของขั้วทุเรียน



รูปที่ 4.31 การทดลองหาค่าความถี่ทุเรียนที่ตัดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ขนาดขั้ว ขนาดผล และความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วัน ด้วยโพรบแบบคีมคีบ

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	5.7	2.21	24	65.6	9.86	10.02	10.02	9.92	9.92
2	4.6	1.94	35	63.5	9.69	10.02	10.02	9.92	9.81
3	5.6	1.95	32	65	9.81	10.02	10.02	9.93	9.7
4	5.4	2.05	32	67	9.75	10.02	10.02	9.92	9.85
5	5.2	1.97	35.5	67	9.71	10.02	10.02	9.89	9.89
6	5.6	1.89	24.5	65.5	9.76	10.02	10.02	9.92	9.93
7	6.5	2.35	38.5	65.5	9.73	10.02	10.02	9.95	9.95
8	6.5	2.21	38	67	9.83	10.02	10.02	9.94	9.92
9	4.4	2.2	40.2	76.5	9.92	10.02	10.02	9.83	9.73
10	6.8	1.69	26.5	65.5	9.88	10.02	10.02	9.95	9.91
11	6.4	2.19	39.5	75.5	9.92	10.02	10.02	9.82	9.85
12	6.5	2.21	39	79.5	9.96	10.02	10.02	9.92	9.94
13	4.3	2.15	31	66.5	9.88	10.02	10.02	9.95	9.96
14	6.2	2.21	38.5	75.5	9.88	10.02	10.02	9.94	9.92
15	7.3	2.01	37	72.8	9.8	10.02	10.02	9.92	9.92
16	5.4	2.46	43	74.5	9.95	10.02	10.02	9.92	9.91
17	4.5	1.94	35.5	61.5	9.88	10.02	10.02	9.85	9.92
18	4.4	2.17	34.5	71	9.92	10.02	10.02	9.9	9.92
19	6.5	2.15	26.5	67	9.9	10.02	10.02	9.92	9.87
20	6	1.9	28	69	9.88	10.02	10.02	9.95	9.92
21	5.8	1.99	31.5	64.5	9.83	10.02	10.02	9.94	9.87
22	6.2	1.91	34.5	70	9.82	10.02	10.02	9.93	9.92
23	6.5	1.97	25	66	9.81	10.02	10.02	9.92	9.93
24	5.8	1.75	33	64	9.97	10.02	10.02	9.86	9.85
25	6.2	2.16	24.5	71.5	9.92	10.02	10.02	9.87	9.86
26	6	1.88	31	58.1	9.94	10.02	10.02	9.93	9.89
27	5.4	2.02	44	68	9.87	10.02	10.02	9.91	9.93

ตารางที่ 4.13(ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบคิมคียบ

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
28	5.6	2.17	39	69	9.84	10.02	10.02	9.97	9.92
29	6.2	2.24	38	70	9.87	10.02	10.02	9.95	9.9
30	5.4	1.97	38	70	9.94	10.02	10.02	9.97	9.92
31	6.5	1.97	36	75	9.8	10.02	10.02	9.91	9.93
32	5.6	2.39	34.5	76.5	9.96	10.02	10.02	9.84	9.83
33	8.4	2.12	35.7	69.7	9.94	10.02	10.02	9.84	9.85
34	7.5	2.17	36.6	73.5	9.84	10.02	10.02	9.92	9.88
35	6.8	2.16	36.6	70.1	9.83	10.02	10.02	9.84	9.87
36	5.3	1.97	32.5	63.5	9.87	10.02	10.02	9.85	9.95
37	6.5	1.99	31	66.5	9.53	10.02	10.02	9.37	9.91
38	5.2	1.91	39	77	9.73	10.02	10.02	9.91	9.76
39	5.2	1.78	34	69	9.96	10.02	10.02	9.85	9.92
40	5.4	1.92	34	68	9.97	10.02	10.02	9.92	9.92
41	6.3	2.35	36	70	9.81	10.02	10.02	9.86	9.57
42	5	2.01	30	75.5	9.97	10.02	10.02	9.92	9.84
43	4.5	2	28	69.6	9.89	10.02	10.02	9.85	9.89
44	5.3	1.7	33	63	9.92	10.02	10.02	9.94	9.92
45	4.5	1.88	37	67	9.84	10.02	10.02	9.88	9.90
46	5.2	1.99	32	64.5	9.84	10.02	10.02	9.88	9.63
47	5.3	1.98	35	71	9.40	10.02	10.02	9.87	9.88
48	5.3	2.1	34	72	9.76	10.02	10.02	9.92	9.88
49	6.0	2.01	36	70	9.83	10.02	10.02	9.96	9.95
50	4.8	1.8	27	65	9.78	10.02	10.02	9.85	9.99
51	5.1	1.59	30	63.5	9.87	10.02	10.02	9.95	9.94
52	3.8	2.65	22	57.8	9.91	10.02	10.02	9.95	9.92
53	5.1	1.93	34	71	9.92	10.02	10.02	9.97	9.95
54	5.5	2.49	34	63	9.87	10.02	10.02	9.92	9.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13(ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
55	5.3	2.13	37	69.6	9.89	10.02	10.02	9.92	9.93
56	5.5	2.17	27	75	9.72	10.02	10.02	9.92	9.87
57	5.6	1.86	27.5	65	9.98	10.02	10.02	9.94	9.93
58	5.2	2.11	36	70	9.95	10.02	10.02	9.93	9.92
59	5.9	1.93	30	68.5	9.92	10.02	10.02	9.92	9.93
60	3.9	1.9	28	62.5	9.62	10.02	10.02	9.88	9.88
61	7	1.98	38	69.5	9.96	10.02	10.02	9.88	9.92
62	7.1	2.23	43	69.5	9.96	10.02	10.02	9.92	9.82
63	6.3	1.92	34	68	9.95	10.02	10.02	9.89	9.88
64	5.9	1.83	30	65	9.31	10.02	10.02	9.86	9.88
65	5.4	1.8	33	67	9.95	10.02	10.02	9.93	9.90
66	5.7	2.16	37.5	45	9.89	10.02	10.02	9.90	9.88
67	5	1.77	34	67	9.90	10.02	10.02	9.92	9.92
68	5.9	1.8	33	66	9.98	10.02	10.02	9.92	9.86
69	6.4	2.08	40	70.5	9.81	10.02	10.02	9.92	9.86
70	5.4	1.66	24	64	9.73	10.02	10.02	9.92	9.74
71	7.9	1.91	33	67	9.88	10.02	10.02	9.90	9.89
72	6	1.89	36	64	9.80	10.02	10.02	9.90	9.89
73	6.3	1.85	36	72.5	9.86	10.02	10.02	9.89	9.88
74	5.7	1.98	35	65.5	9.85	10.02	10.02	9.92	9.92
75	7.3	2.13	37	66	9.7	10.02	10.02	9.89	9.91
76	6	1.75	30.5	67	9.8	10.02	10.02	9.92	9.87
77	6.3	1.69	34.5	65.5	9.91	10.02	10.02	9.92	9.81
78	5.4	2.01	50	75	9.97	10.02	10.02	9.87	9.85
79	5.4	2.1	27	75.5	9.81	10.02	10.02	9.88	9.81
80	7.7	2.02	34	68	9.87	10.02	10.02	9.92	9.92
81	6	1.91	32.5	64	9.86	10.02	10.02	9.87	9.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13(ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
82	4.9	1.97	32	73	9.85	10.02	10.02	9.92	9.90
83	4.9	1.84	36	67.5	9.92	10.02	10.02	9.91	9.92
84	6.3	1.72	24	63.5	9.92	10.02	10.02	9.86	9.88
85	5.9	1.95	31	62	9.86	10.02	10.02	9.85	9.91
86	5.4	1.74	26	65	9.84	10.02	10.02	9.83	9.92
87	4.8	1.9	29	63.5	9.95	10.02	10.02	9.92	9.91
88	4.5	1.85	32	65.5	9.91	10.02	10.02	9.93	9.93
89	4.9	1.93	32	58.5	9.87	10.02	10.02	9.91	9.92
90	4.9	2.12	42	73	9.95	10.02	10.02	9.88	9.95
91	4.7	1.81	34	58.5	9.84	10.02	10.02	9.92	9.87
92	5.6	2.12	34	72.5	9.82	10.02	10.02	9.88	9.90

ตารางที่ 4.14 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 110 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	6.8	2.34	34.5	79	9.58	10.02	10.02	9.92	9.93
2	4.4	1.93	34	71	9.27	10.02	10.02	9.92	9.98
3	6.4	2.11	32	63	9.55	10.02	10.02	9.92	9.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 115 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	4.5	2.23	31	64	8.41	10.02	10.02	9.92	9.87
2	4.5	2.01	35.5	78.5	8.28	10.02	10.02	9.92	9.95
3	6.3	2.45	34.4	72.3	8.86	10.02	10.02	9.94	9.82
4	4.8	1.82	35	67	8.28	10.02	10.02	9.92	9.90
5	5.5	1.83	29	64	9.37	10.02	10.02	9.92	8.20

ตารางที่ 4.16 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 120 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ค่าความถี่ (kHz)				
	บน	ซ้าย	กลาง	ขวา	ล่าง
1	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02
2	10.02	10.02	10.02	10.00	10.02
3	10.02	10.02	10.02	10.00	10.02
4	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02
5	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02

ตารางที่ 4.17 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	5.7	2.21	24	65.6	9.88	9.92	10.02	10.02	9.92
2	4.6	1.94	35	63.5	9.74	9.81	10.02	10.02	9.91
3	4.5	2.23	31	64	8.22	8.61	10.02	10.02	8.83
4	5.6	1.95	32	65	9.71	9.95	10.02	10.02	9.72
5	5.4	2.05	32	67	9.88	9.77	10.02	10.02	9.8
6	5.2	1.97	35.5	67	9.76	9.92	10.02	10.02	9.81
7	5.6	1.89	24.5	65.5	9.85	9.78	10.02	10.02	9.87

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
8	6.5	2.35	38.5	65.5	8.88	9.87	10.02	10.02	9.63
9	6.5	2.21	38	67	9.06	9.73	10.02	10.02	9.75
10	4.4	2.2	40.2	76.5	9.71	9.1	10.02	10.02	9.01
11	6.4	2.19	39.5	75.5	9.7	9.74	10.02	10.02	9.89
12	6.5	2.21	39	79.5	9.75	9.92	10.02	10.02	9.59
13	4.3	2.15	31	66.5	9.48	9.66	10.02	10.02	9.84
14	6.2	2.21	38.5	75.5	9.72	9.97	10.02	10.02	9.94
15	7.3	2.01	37	72.8	9.92	9.97	10.02	10.02	9.87
16	5.4	2.46	43	74.5	9.84	9.91	10.02	10.02	9.81
17	4.5	1.94	35.5	61.5	9.81	9.97	10.02	10.02	9.88
18	4.4	2.17	34.5	71	9.81	9.93	10.02	10.02	9.91
19	6.5	2.15	26.5	67	9.92	9.92	10.02	10.02	9.82
20	6	1.9	28	69	9.8	9.94	10.02	10.02	9.63
21	5.8	1.99	31.5	64.5	9.62	9.92	10.02	10.02	9.86
22	6.2	1.91	34.5	70	9.94	9.95	10.02	10.02	9.92
23	6.5	1.97	25	66	9.82	9.95	10.02	10.02	9.08
24	5.8	1.75	33	64	9.84	9.97	10.02	10.02	9.96
25	6.2	2.16	24.5	71.5	9.89	9.95	10.02	10.02	9.66
26	6	1.88	31	58.1	9.8	9.94	10.02	10.02	9.92
27	5.4	2.02	44	68	9.95	9.95	10.02	10.02	9.81
28	5.6	2.17	39	69	9.81	9.94	10.02	10.02	9.9
29	6.2	2.24	38	70	9.78	9.97	10.02	10.02	9.7
30	5.4	1.97	38	70	9.92	9.97	10.02	10.02	9.87
31	6.5	1.97	36	75	9.59	9.95	10.02	10.02	9.87
32	5.6	2.39	34.5	76.5	9.93	9.95	10.02	10.02	8.89
33	8.4	2.12	35.7	69.7	9.94	9.97	10.02	10.02	9.72
34	7.5	2.17	36.6	37.5	9.81	9.97	10.02	10.02	9.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
35	6.8	2.16	36.6	70.1	9.98	9.97	10.02	10.02	9.86
36	5.3	1.97	32.5	63.5	9.86	9.97	10.02	10.02	9.84
37	6.5	1.99	31	66.5	9.58	9.94	10.02	10.02	9.67
38	5.2	1.91	39	77	9.78	9.94	10.02	10.02	9.81
39	5.2	1.78	34	69	9.73	9.81	10.02	10.02	9.7
40	5.4	1.92	34	68	9.92	9.91	10.02	10.02	9.87
41	6.3	2.35	36	70	9.54	9.85	10.02	10.02	9.87
42	5	2.01	30	75.5	9.52	9.85	10.02	10.02	9.76
43	4.5	2	28	69.6	9.78	9.95	10.02	10.02	9.88
44	5.3	1.7	33	63	9.96	9.94	10.02	10.02	9.85
45	4.5	1.88	37	67	9.73	9.76	10.02	10.02	9.31
46	5.2	1.99	32	64.5	9.4	9.69	10.02	10.02	9.48
47	5.3	1.98	35	71	9.71	9.99	10.02	10.02	9.7
48	5.3	2.1	34	72	9.19	9.91	10.02	10.02	9.74
49	6	2.01	36	70	9.73	9.91	10.02	10.02	9.42
50	4.8	1.8	27	65	9.72	9.83	10.02	10.02	9.51
51	5.1	1.59	30	63.5	9.97	9.96	10.02	10.02	9.89
52	3.8	2.65	22	57.8	9.97	9.93	10.02	10.02	9.78
53	5.1	1.93	34	71	9.83	9.89	10.02	10.02	9.9
54	5.5	2.49	34	63	9.95	9.61	10.02	10.02	9.48
55	5.3	2.13	37	69.6	9.95	9.97	10.02	10.02	9.51
56	5.5	2.17	27	75	9.81	9.84	10.02	10.02	9.12
57	5.6	1.86	27.5	65	9.97	9.68	10.02	10.02	9.86
58	5.2	2.11	36	70	9.62	9.97	10.02	10.02	9.87
59	5.9	1.93	30	68.5	9.98	9.92	10.02	10.02	9.82
60	3.9	1.9	28	62.5	9.98	9.93	10.02	10.02	9.92
61	7	1.98	38	69.5	9.87	9.94	10.02	10.02	9.89

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
62	7.1	2.23	43	69.5	9.84	9.81	10.02	10.02	9.88
63	6.3	1.92	34	68	9.81	9.91	10.02	10.02	9.86
64	5.9	1.83	30	65	9.65	9.98	10.02	10.02	9.95
65	5.4	1.8	33	67	9.98	9.92	10.02	10.02	9.91
66	5.7	2.16	37.5	45	9.81	9.94	10.02	10.02	9.99
67	5	1.77	34	67	9.92	9.74	10.02	10.02	9.8
68	5.9	1.8	33	66	9.92	9.81	10.02	10.02	9.5
69	6.4	2.08	40	70.5	9.52	9.86	10.02	10.02	9.88
70	5.4	1.66	24	64	9.91	9.90	10.02	10.02	9.87
71	7.9	1.91	33	67	9.91	9.94	10.02	10.02	9.87
72	6	1.89	36	64	9.94	9.98	10.02	10.02	9.69
73	6.3	1.85	36	72.5	9.94	9.87	10.02	10.02	9.62
74	5.7	1.98	35	65.5	9.95	9.97	10.02	10.02	9.65
75	7.3	2.13	37	66	9.95	9.89	10.02	10.02	9.92
76	6	1.75	30.5	67	9.56	9.95	10.02	10.02	9.95
77	6.3	1.69	34.5	65.5	9.88	9.97	10.02	10.02	9.86
78	5.4	2.01	50	75	9.91	9.81	10.02	10.02	9.65
79	5.4	2.1	27	75.5	9.96	9.97	10.02	10.02	9.70
80	7.7	2.02	34	68	9.73	9.97	10.02	10.02	9.83
81	6	1.91	32.5	64	9.90	9.91	10.02	10.02	9.92
82	4.9	1.97	32	73	9.94	9.97	10.02	10.02	9.72
83	4.9	1.84	36	67.5	9.96	9.95	10.02	10.02	9.85
84	6.3	1.72	24	63.5	9.96	9.98	10.02	10.02	9.95
85	5.9	1.95	31	62	9.97	9.99	10.02	10.02	9.93
86	5.4	1.74	26	65	9.32	9.92	10.02	10.02	9.94
87	4.8	1.9	29	63.5	9.90	9.96	10.02	10.02	9.98
88	4.5	1.85	32	65.5	9.92	9.81	10.02	10.02	9.93

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
89	4.9	1.93	32	58.5	9.98	9.95	10.02	10.02	9.85
90	4.9	2.12	42	73	9.91	9.95	10.02	10.02	9.89
91	4.7	1.81	34	58.5	9.81	9.91	10.02	10.02	9.60
92	5.6	2.12	34	72.5	9.33	9.41	10.02	10.02	9.78

ตารางที่ 4.18 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 110 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	6.8	2.34	34.5	79	9.96	9.1	10.02	10.02	9.53
2	4.4	1.93	34	71	9.71	9.97	10.02	10.02	9.83
3	6.4	2.11	32	63	9.84	9.94	10.02	10.02	9.26

ตารางที่ 4.19 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 115 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	4.5	2.23	31	64	8.22	8.61	10.02	10.02	8.83
2	4.5	2.01	35.5	78.5	8.57	9.75	10.02	10.02	9.96
3	6.3	2.45	34.4	72.3	8.86	9.94	10.02	10.02	9.7
4	4.8	1.82	35	67	9.9	9.57	10.02	10.02	9.91
5	5.5	1.83	29	64	9.92	9.61	10.02	10.02	9.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ขนาดขั้ว ขนาดผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 120 วันด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่ (kHz)				
	บน	ซ้าย	กลาง	ขวา	ล่าง
1	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
2	10.01	10.02	10.02	10.02	10.02
3	10.02	10.01	10.02	10.02	10.02
4	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02
5	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02

ตารางที่ 4.21 ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	5.7	2.21	24	65.6	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
2	4.6	1.94	35	63.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
3	5.6	1.95	32	65	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
4	5.4	2.05	32	67	9.95	9.95	10.02	9.95	9.96
5	5.2	1.97	35.5	67	9.95	9.96	10.02	9.96	9.95
6	5.6	1.89	24.5	65.5	9.98	9.95	10.02	9.95	9.95
7	6.5	2.35	38.5	65.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
8	6.5	2.21	38	67	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
9	4.4	2.2	40.2	76.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
10	6.8	1.69	26.5	65.5	9.95	9.95	10.02	9.96	9.96
11	6.4	2.19	39.5	75.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
12	6.5	2.21	39	79.5	9.94	9.95	10.02	9.96	9.97
13	4.3	2.15	31	66.5	9.95	9.95	10.02	9.93	9.93
14	6.2	2.21	38.5	75.5	9.94	9.94	10.02	9.94	9.94
15	7.3	2.01	37	72.8	9.95	9.94	10.02	9.94	9.94
16	5.4	2.46	43	74.5	9.95	9.94	10.02	9.94	9.94
17	4.5	1.94	35.5	61.5	9.95	9.95	10.02	9.97	9.94
18	4.4	2.17	34.5	71	9.95	9.94	10.02	9.94	9.96

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
19	6.5	2.15	26.5	67	9.95	9.94	10.02	9.94	9.93
20	6	1.9	28	69	9.95	9.96	10.02	9.96	9.96
21	5.8	1.99	31.5	64.5	9.96	9.97	10.02	9.95	9.94
22	6.2	1.91	34.5	70	9.94	9.95	10.02	9.94	9.93
23	6.5	1.97	25	66	9.94	9.95	10.02	9.94	9.94
24	5.8	1.75	33	64	9.94	9.95	10.02	9.97	9.95
25	6.2	2.16	24.5	71.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
26	6	1.88	31	58.1	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
27	5.4	2.02	44	68	9.96	9.95	10.02	9.95	9.95
28	5.6	2.17	39	69	9.97	9.95	10.02	9.97	9.94
29	6.2	2.24	38	70	9.97	9.95	10.02	9.97	9.94
30	5.4	1.97	38	70	9.95	9.95	10.02	9.96	9.94
31	6.5	1.97	36	75	9.95	9.94	10.02	9.93	9.93
32	5.6	2.39	34.5	76.5	9.95	9.94	10.02	9.93	9.93
33	8.4	2.12	35.7	69.7	9.94	9.95	10.02	9.93	9.94
34	7.5	2.17	36.6	37.5	9.95	9.95	10.02	9.94	9.95
35	6.8	2.16	36.6	70.1	9.95	9.94	10.02	9.95	9.94
36	5.3	1.97	32.5	63.5	9.95	9.94	10.02	9.96	9.95
37	6.5	1.99	31	66.5	9.94	9.94	10.02	9.95	9.94
38	5.2	1.91	39	77	9.94	9.95	10.02	9.94	9.94
39	5.2	1.78	34	69	9.95	9.94	10.02	9.94	9.94
40	5.4	1.92	34	68	9.95	9.95	10.02	9.96	9.95
41	6.3	2.35	36	70	9.94	9.94	10.02	9.94	9.94
42	5	2.01	30	75.5	9.94	9.94	10.02	9.94	9.94
43	4.5	2	28	69.6	9.95	9.95	10.02	9.95	9.94
44	5.3	1.7	33	63	9.94	9.93	10.02	9.97	9.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความสูง	ความกว้าง	ความสูง	เส้นรอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
45	4.5	1.88	37	67	9.94	9.95	10.02	9.97	9.95
46	5.2	1.99	32	64.5	9.94	9.95	10.02	9.96	9.96
46	5.2	1.99	32	64.5	9.94	9.95	10.02	9.96	9.96
47	5.3	1.98	35	71	9.94	9.96	10.02	9.96	9.96
48	5.3	2.1	34	72	9.94	9.95	10.02	9.97	9.97
49	6	2.01	36	70	9.94	9.94	10.02	9.96	9.95
50	4.8	1.8	27	65	9.94	9.94	10.02	9.97	9.97
51	5.1	1.59	30	63.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
52	3.8	2.65	22	57.8	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
53	5.1	1.93	34	71	9.95	9.94	10.02	9.95	9.94
54	5.5	2.49	34	63	9.95	9.95	10.02	9.95	9.94
55	5.3	2.13	37	69.6	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
56	5.5	2.17	27	75	9.94	9.94	10.02	9.94	9.94
57	5.6	1.86	27.5	65	9.95	9.95	10.02	9.92	9.92
58	5.2	2.11	36	70	9.95	9.94	10.02	9.95	9.92
59	5.9	1.93	30	68.5	9.95	9.95	10.02	9.92	9.92
60	3.9	1.9	28	62.5	9.95	9.95	10.02	9.92	9.92
61	7	1.98	38	69.5	9.96	9.95	10.02	9.95	9.95
62	7.1	2.23	43	69.5	9.95	9.95	10.02	9.95	9.94
63	6.3	1.92	34	68	9.95	9.94	10.02	9.96	9.96
64	5.9	1.83	30	65	9.95	9.97	10.02	9.96	9.94
65	5.4	1.8	33	67	9.95	9.96	10.02	9.95	9.95
66	5.7	2.16	37.5	45	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
67	5	1.77	34	67	9.95	9.95	10.02	9.96	9.95
68	5.9	1.8	33	66	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
69	6.4	2.08	40	70.5	9.95	9.95	10.02	9.99	9.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่ควรเผยแพร่ให้บุคคลภายนอกโดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 105 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
70	5.4	1.66	24	64	9.96	9.94	10.02	9.99	9.98
71	7.9	1.91	33	67	9.95	9.94	10.02	9.97	9.97
72	6	1.89	36	64	9.95	9.95	10.02	9.94	9.94
73	6.3	1.85	36	72.5	9.95	9.95	10.02	9.98	9.94
74	5.7	1.98	35	65.5	9.95	9.94	10.02	9.98	9.98
75	7.3	2.13	37	66	9.95	9.94	10.02	9.98	9.98
76	6	1.75	30.5	67	9.95	9.98	10.02	9.94	9.98
77	6.3	1.69	34.5	65.5	9.95	9.94	10.02	9.94	9.92
78	5.4	2.01	50	75	9.95	9.93	10.02	9.94	9.93
80	7.7	2.02	34	68	9.95	9.94	10.02	9.93	9.93
81	6	1.91	32.5	64	9.94	9.94	10.02	9.93	9.94
82	4.9	1.97	32	73	9.94	9.94	10.02	9.94	9.95
83	4.9	1.84	36	67.5	9.95	9.94	10.02	9.96	9.96
84	6.3	1.72	24	63.5	9.94	9.94	10.02	9.96	9.95
85	5.9	1.95	31	62	9.94	9.94	10.02	9.98	9.94
86	5.4	1.74	26	65	9.94	9.94	10.02	9.98	9.99
87	4.8	1.9	29	63.5	9.94	9.94	10.02	9.98	9.96
88	4.5	1.85	32	65.5	9.95	9.93	10.02	9.98	9.96
89	4.9	1.93	32	58.5	9.95	9.93	10.02	9.97	9.97
90	4.9	2.12	42	73	9.95	9.95	10.02	9.98	9.97
91	4.7	1.81	34	58.5	9.96	9.94	10.02	9.98	9.98
92	5.6	2.12	34	72.5	9.94	9.95	10.02	9.98	9.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 110 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	6.8	2.34	34.5	79	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
2	4.4	1.93	34	71	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
3	6.4	2.11	32	63	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95

ตารางที่ 4.23 ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 115 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ขนาดของขั้ว (cm.)		ขนาดของผล (cm.)		ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ความ สูง	ความ กว้าง	ความ สูง	เส้น รอบวง	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรง กลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
1	4.5	2.23	31	64	9.94	9.95	10.02	9.95	9.95
2	4.5	2.01	35.5	78.5	9.95	9.94	10.02	9.97	9.94
3	6.3	2.45	34.4	72.3	9.95	9.95	10.02	9.96	9.95
4	4.8	1.82	35	67	9.94	9.95	10.02	9.95	9.95
5	5.5	1.83	29	64	9.94	9.94	10.02	9.94	9.94

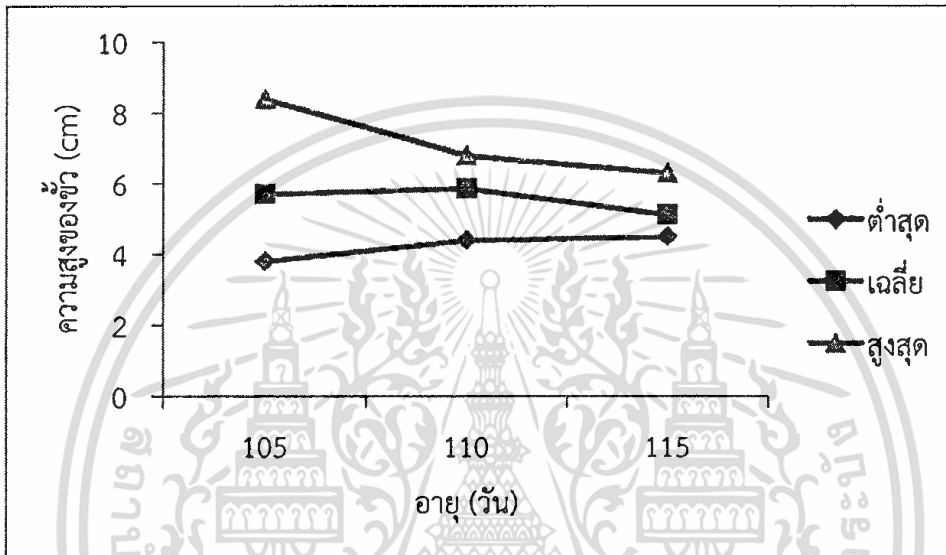
ตารางที่ 4.24 ขนาดขั้ว ผลและความถี่ออสซิลเลทที่ขั้วทุเรียนอายุ 120 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่ (kHz)				
	บน	ซ้าย	กลาง	ขวา	ล่าง
1	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02
2	10.01	10.02	10.02	10.00	10.02
3	10.02	10.02	10.02	10.00	10.02
4	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02
5	10.02	10.02	10.02	10.01	10.02

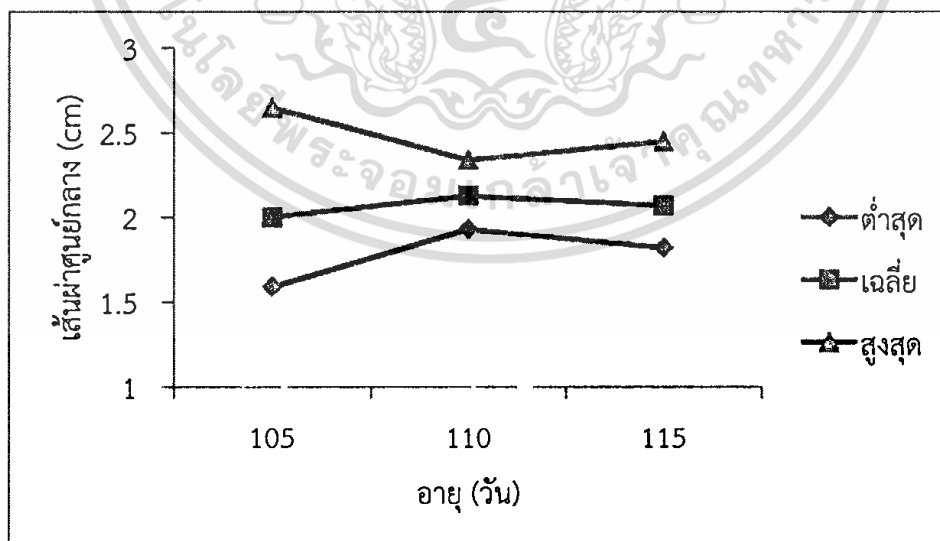
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ผลสรุปการวัดขนาดของขั้วทุเรียนหลังเก็บเกี่ยว

อายุทุเรียน	ความสูงของขั้ว (cm)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
105 วัน	3.8	5.709783	8.4	1.59	2.003152	2.65
110 วัน	4.4	5.866667	6.8	1.93	2.126667	2.34
115 วัน	4.5	5.12	6.3	1.82	2.068	2.45



รูปที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของขั้ว กับอายุทุเรียนหลังเก็บเกี่ยว

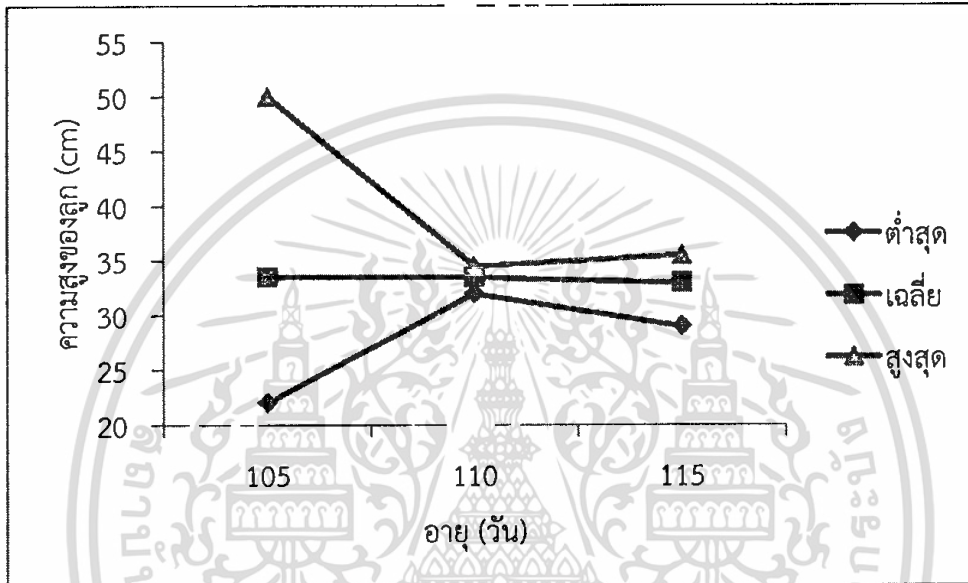


รูปที่ 4.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้ว กับอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

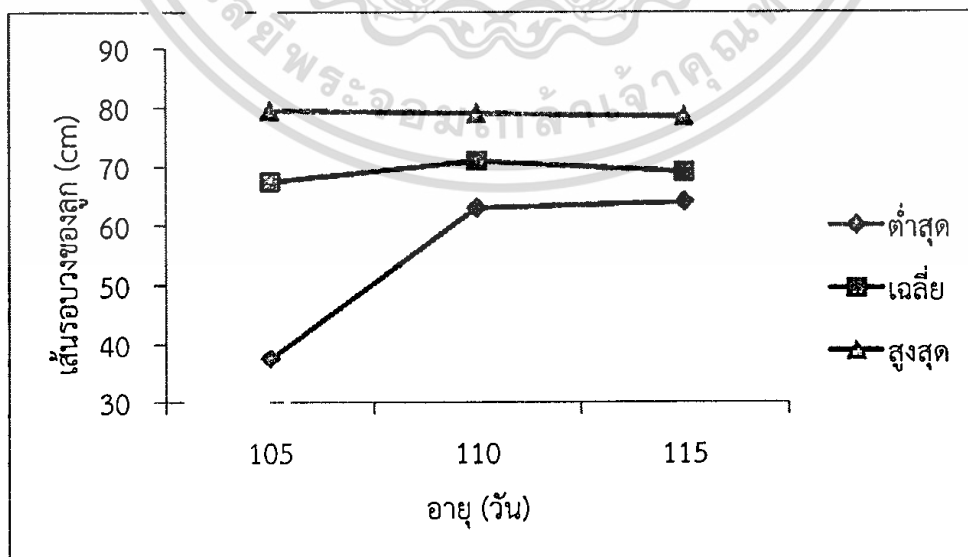
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลสรุปการวัดขนาดของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

อายุทุเรียน	ความสูงของลูก (cm)			เส้นรอบวงของลูก (cm)		
	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
105 วัน	22	33.53	50	37.5	67.42	79.5
110 วัน	32	33.5	34.5	63	71	79
115 วัน	29	32.98	35.5	64	69.16	78.5



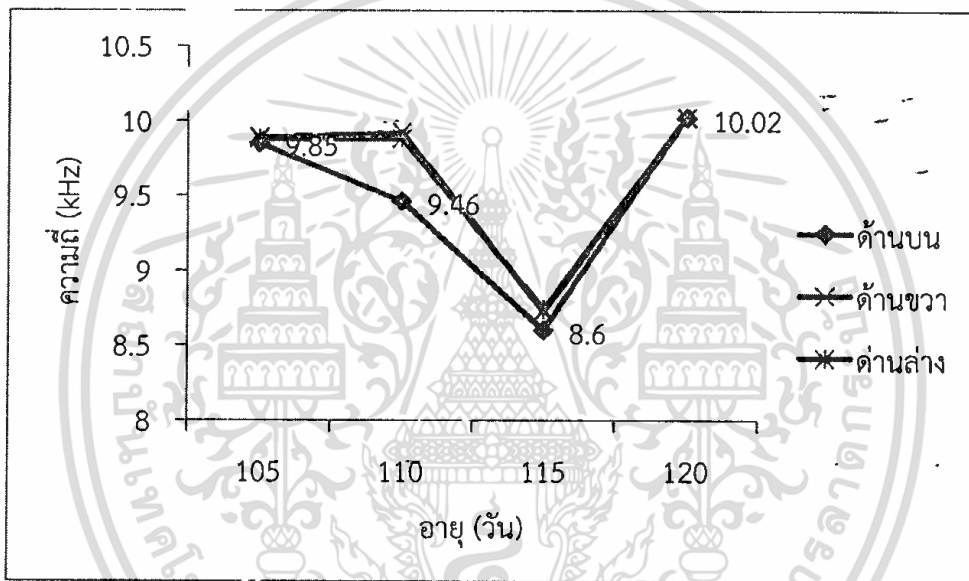
รูปที่ 4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลูก กับอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบวงของลูก กับอายุทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.27 ผลสรุปการทดลองวัดค่าความถี่ที่ออสซิลเลทจากขั้วทุเรียนในแต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยโพรบแบบคิมคียบ

อายุทุเรียน	ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	9.85	10.02	10.02	9.89	9.88
110 วัน	9.46	10.02	10.02	9.92	9.88
115 วัน	8.6	10.02	10.02	8.724	8.748
120 วัน	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02

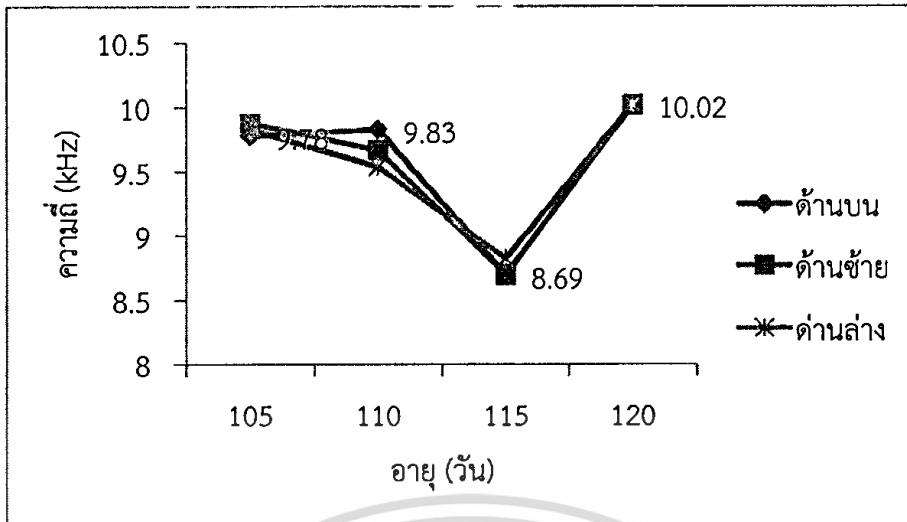


รูปที่ 4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในแต่ละช่วงอายุ ด้วยโพรบแบบคิมคียบ

ตารางที่ 4.28 ผลสรุปการทดลองวัดค่าความถี่ที่ออสซิลเลทจากขั้วทุเรียนในแต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยโพรบแบบขนาน

อายุทุเรียน	ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	9.78	9.88	10.02	10.02	98.3
110 วัน	9.83	9.67	10.02	10.02	9.54
115 วัน	8.694	8.696	10.02	10.02	8.82
120 วัน	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02

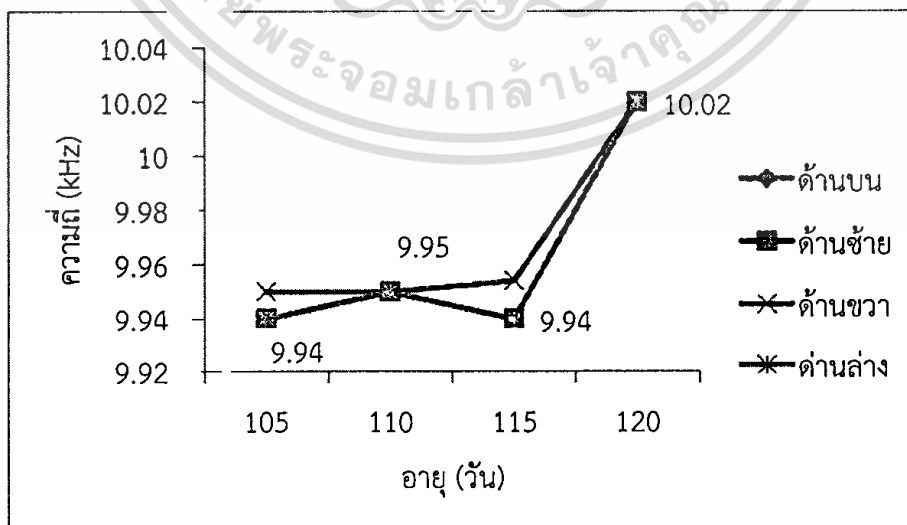
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในแต่ละช่วงอายุ ด้วยโพรบแบบขนาน

ตารางที่ 4.29 ผลสรุปการทดลองวัดค่าความถี่ที่ออสซิลเลทจากขั้วทุเรียนในแต่ละตำแหน่งของลูกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

อายุทุเรียน	ความถี่จากการวัดในตำแหน่งต่างๆ (kHz)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	9.94	9.94	10.02	9.95	9.94
110 วัน	9.95	9.95	10.02	9.95	9.95
115 วัน	9.944	9.946	10.02	9.954	9.94
120 วัน ขึ้นไป	10.02	10.02	10.02	10.02	10.02

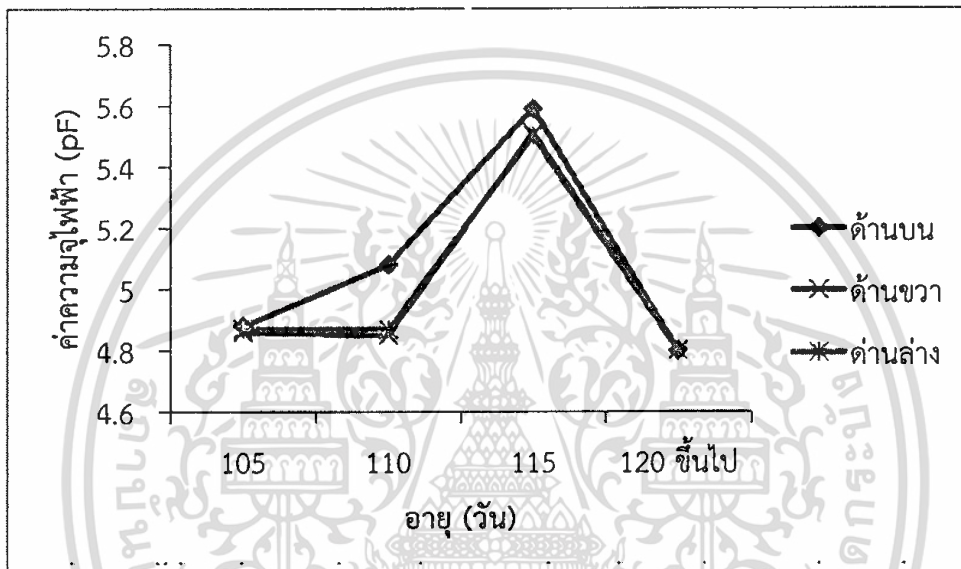


รูปที่ 4.38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในแต่ละช่วงอายุ ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ หรือมีการขออนุญาตเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบคิมคียบ

อายุทุเรียน	ความจุไฟฟ้าจากการคำนวณในตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	4.88	4.80	4.80	4.86	4.87
110 วัน	5.08	4.80	4.80	4.85	4.87
115 วัน	5.59	4.80	4.80	5.51	5.50
120 วัน ขึ้นไป	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80

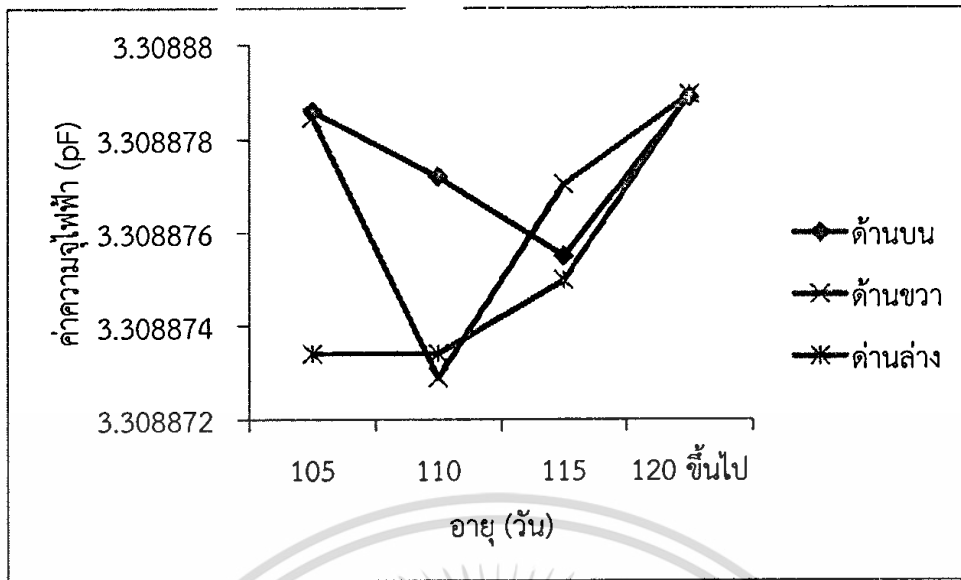


รูปที่ 4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า กับอายุทุเรียน ด้วยโพรบแบบคิมคียบ

ตารางที่ 4.31 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบคิมคียบ

อายุทุเรียน	ความต้านทานไฟฟ้าจากการคำนวณในตำแหน่งต่างๆ (k $\Omega$ )				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	3.3088786	3.3088789	3.30887895	3.30887846	3.30887341
110 วัน	3.3088772	3.3088789	3.30887895	3.30887289	3.30887341
115 วัน	3.3088755	3.3088789	3.30887895	3.30887704	3.30887498
120 วัน ขึ้นไป	3.3088789	3.3088789	3.30887895	3.30887895	3.30887895

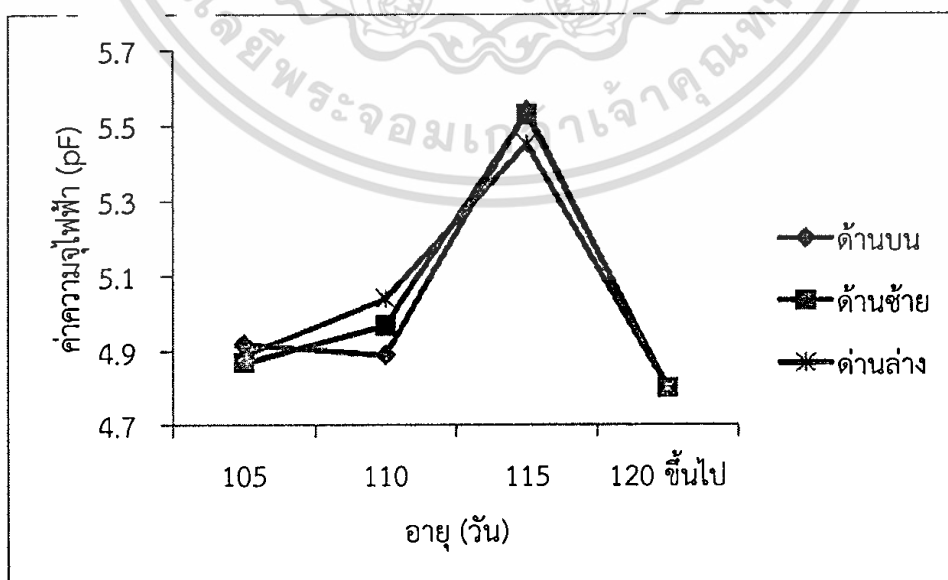
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบคีมคีบ

ตารางที่ 4.32 การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบขนาน

อายุทุเรียน	ความจุไฟฟ้าจากการคำนวณในตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	4.92	4.87	4.80	4.80	4.89
110 วัน	4.89	4.97	4.80	4.80	5.04
115 วัน	5.54	5.53	4.80	4.80	5.45
120 วัน ขึ้นไป	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80

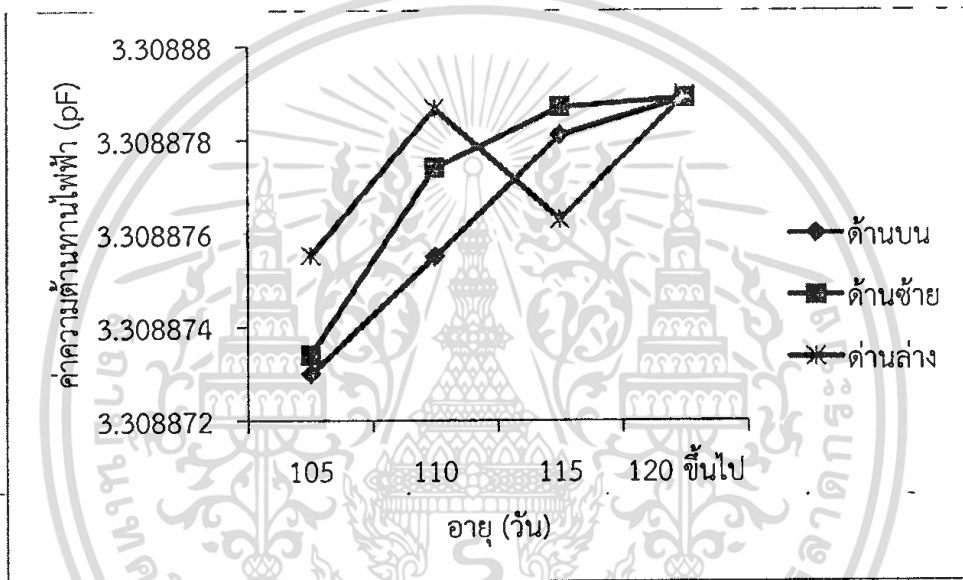


รูปที่ 4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบขนาน

อายุทุเรียน	ความต้านทานไฟฟ้าจากการคำนวณในตำแหน่งต่างๆ (k $\Omega$ )				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	3.3088730	3.3088734	3.30887895	3.30887895	3.30887553
110 วัน	3.3088755	3.3088774	3.30887895	3.30887895	3.30887866
115 วัน	3.3088781	3.3088787	3.30887895	3.30887895	3.30887630
120 วัน ขึ้นไป	3.3088789	3.3088789	3.30887895	3.30887895	3.30887895

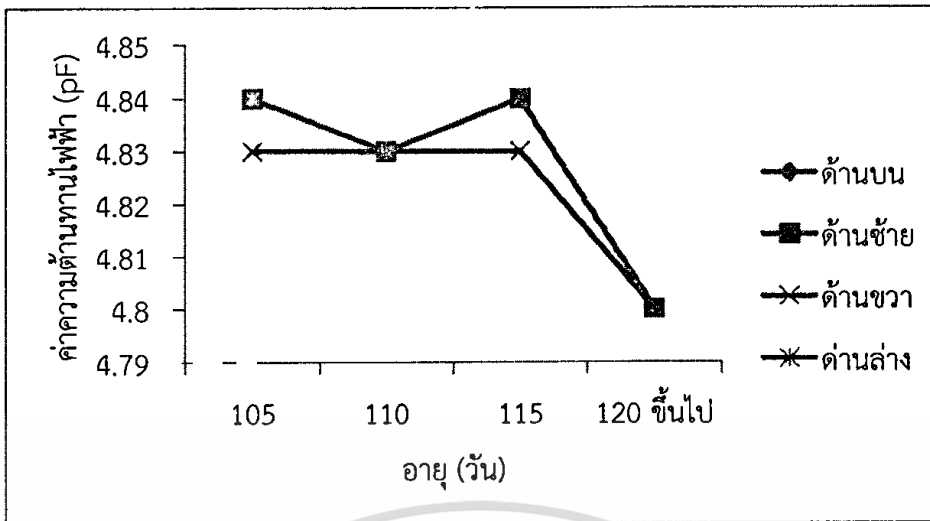


รูปที่ 4.42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบขนาน

ตารางที่ 4.34 การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

อายุทุเรียน	ความจุไฟฟ้าจากการคำนวณในตำแหน่งต่างๆ (pF)				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	4.84	4.84	4.80	4.83	4.84
110 วัน	4.83	4.83	4.80	4.83	4.83
115 วัน	4.84	4.84	4.80	4.83	4.84
120 วัน ขึ้นไป	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80

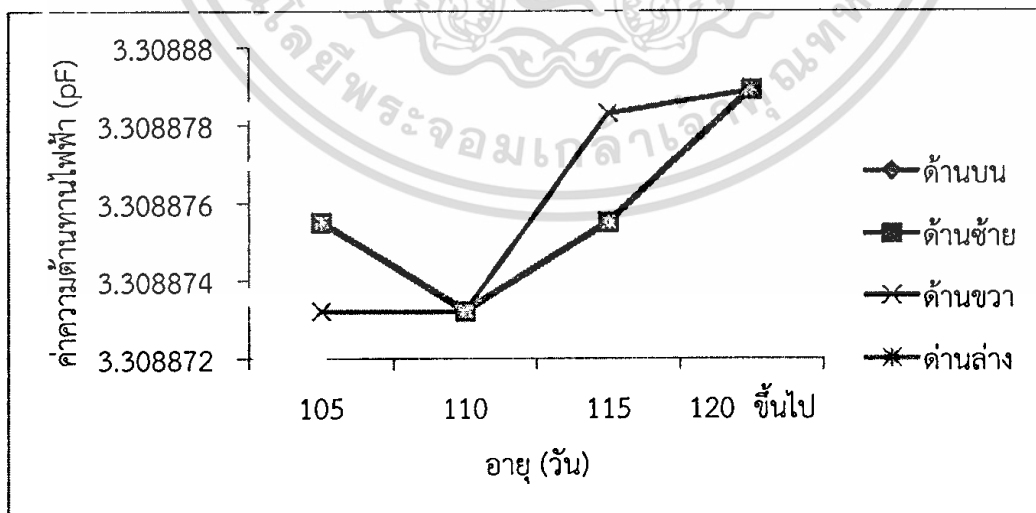
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ตารางที่ 4.35 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า ด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

อายุทุเรียน	ความต้านทานไฟฟ้าจากการคำนวณในตำแหน่งต่างๆ (k $\Omega$ )				
	ด้านบน	ด้านซ้าย	ตรงกลาง	ด้านขวา	ด้านล่าง
105 วัน	3.3088755	3.3088755	3.30887895	3.3088732	3.30887553
110 วัน	3.3088732	3.3088732	3.30887895	3.3088732	3.30887324
115 วัน	3.3088755	3.3088755	3.30887895	3.3088783	3.30887553
120 วัน ขึ้นไป	3.3088789	3.3088789	3.30887895	3.3088789	3.30887895



รูปที่ 4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้า กับอายุทุเรียนด้วยโพรบแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการทดลองศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับค่าความถี่ด้วยเครื่องตรวจสอบทุเรียนของแต่ละโพรบที่ได้ทำการออกแบบ โดยทำการทดลองทุเรียนที่ทำการเก็บเกี่ยวแล้วในช่วงอายุ 105 – 120 วัน มีผลสรุปได้ว่า โพรบแบบคิมคิบและโพรบแบบขนาน จากการวัดที่ชั่วทุเรียนผลค่าความถี่ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนโพรบแบบซ้อนขนานได้ค่าความถี่ที่ซ้ำกันทุกๆอายุทุเรียน จึงไม่สามารถประมวลผลความถี่ได้ ซึ่งตำแหน่งในการทดลองที่ชั่วทุเรียนด้วยโพรบแบบคิมคิบ และโพรบแบบขนาน ตำแหน่งด้านบนใช้ในการตรวจสอบทุเรียนได้ดีที่สุด โดยโพรบแบบคิมคิบ และโพรบแบบขนานได้ค่าความถี่ที่แปรเปลี่ยนไปตามของอายุทุเรียนจาก 105-120 วัน โดยทุเรียนที่อายุ 120วันขึ้นไป เป็นทุเรียนที่ทางพ่อค้า แม่ค้าได้เอามาวางจำหน่ายเพื่อเป็นของฝากจึงทำให้ทุเรียนเกิดการคายน้ำทำให้น้ำเลี้ยงในชั่วของลูกทุเรียนแห้ง ทำให้ค่าความถี่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากค่าความถี่เริ่มต้น ดังนั้นค่าความถี่ในช่วงช้ออายุที่เรียน 105-120 วัน ค่าความถี่ที่ได้จะแปรผกผันกับอายุทุเรียน ซึ่งได้สอดคล้องกับการทดลองที่ 3

#### 4.6 การทดลองที่ 6 การทดลองประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบ(ก่อนการเก็บเกี่ยว)

การทดลองนี้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบ(ก่อนการเก็บเกี่ยว) ซึ่งทำการทดลองที่ชั่วของลูกทุเรียนทั้งที่อยู่บนต้น โดยการประมวลผลจะบ่งบอกอายุของของลูกทุเรียน ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ของลูกทุเรียนที่พร้อมเก็บเกี่ยวทุเรียนได้หรือไม่ได้

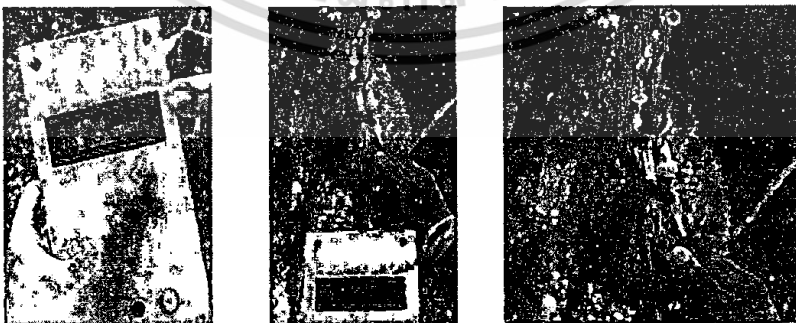
##### 4.6.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความผิดพลาดของค่าความถี่ที่วัดได้จากเครื่องที่ออกแบบ และนำค่าความถี่ที่ได้นำมาแก้ไขและพัฒนาโปรแกรมต่อไป

##### 4.6.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เช็ตค่าเริ่มต้นก่อนการทดลอง ที่ความถี่ 10.02 kHz
2. นำโพรบที่ออกแบบ แบบคิมคิบ นำไปวัดที่ชั่วทุเรียน ตรงตำแหน่งด้านบนของโพรบ ดังรูปที่

4.46 ทำการทดลองและจดบันทึกผลการทดลอง ดังแสดงรูปที่ 4.45-4.47 บันทึกผลในตารางที่ 4.36

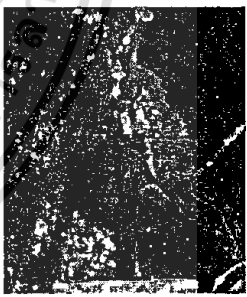



รูปที่ 4.45 ค่าเริ่มต้นก่อนการทดลอง และตำแหน่งของโพรบที่ทำการตรวจสอบ(ด้านบน)



รูปที่ 4.46 การตรวจสอบลูกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.36 การประสิทธิผลการตรวจสอบระดับความสุกทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยว

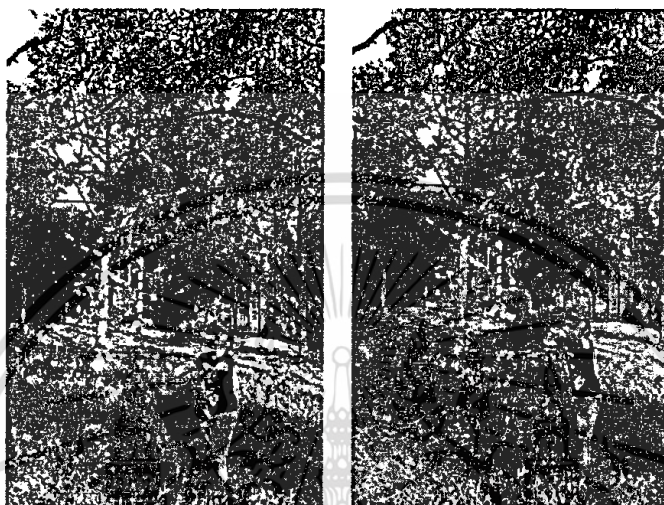
ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพถ่ายตัวอย่างทดลอง
1	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
2	9.45	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
3	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
4	9.82	110 -110 วัน	70 - 75%	✓	
5	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
6	9.58	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
7	9.87	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
8	9.93	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
9	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
10	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

หมายเหตุ    ✓ ผลการทดลองสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้  
                   X ผลการทดลองไม่สามารถทำการเก็บเกี่ยวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.6.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ประมวลผลค่าความถี่ทุเรียนก่อนการเก็บเกี่ยวในช่วง อายุ 105 – 110 วัน จะเป็นทุเรียน 70-75% โดยตรวจสอบลูกทุเรียนด้วยเครื่องตรวจระดับความสุกทุเรียน พบว่า สามารถบ่งบอกอายุและค่าเปอร์เซ็นต์ของทุเรียนได้ถูกต้องตามที่ได้ และสามารถทำการเก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายออกสู่ท้องตลาดได้



รูปที่ 4.47 ลูกทุเรียนที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องตรวจสอบทุเรียน

หมายเหตุ ส่วนลูกทุเรียนที่อยู่ปลายกิ่งของต้นทุเรียนไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบด้วยเครื่องตรวจสอบได้เนื่องจากเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ชาวสวนทุเรียนจึงตรวจสอบลูกทุเรียนที่อยู่ปลายกิ่งของต้นทุเรียนโดยการดูที่หนามของลูกทุเรียน ดูลีของลูกทุเรียน และดูร่องพูของลูกทุเรียน

### 4.7 การทดลองที่ 7 การทดลองประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบ (หลังการเก็บเกี่ยว)

การทดลองนี้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่ออกแบบ (หลังการเก็บเกี่ยว)ซึ่งทำการทดลองที่ตัวของลูกทุเรียน โดยทำการตรวจสอบหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ไม่เกิน 12 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบว่าทุเรียนที่ได้ตรงตามอายุ และตรงตามเปอร์เซ็นต์ของลูกทุเรียน อีกทั้งยังเป็นที่ต้องการของตลาดเพื่อทำการส่งออกภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ

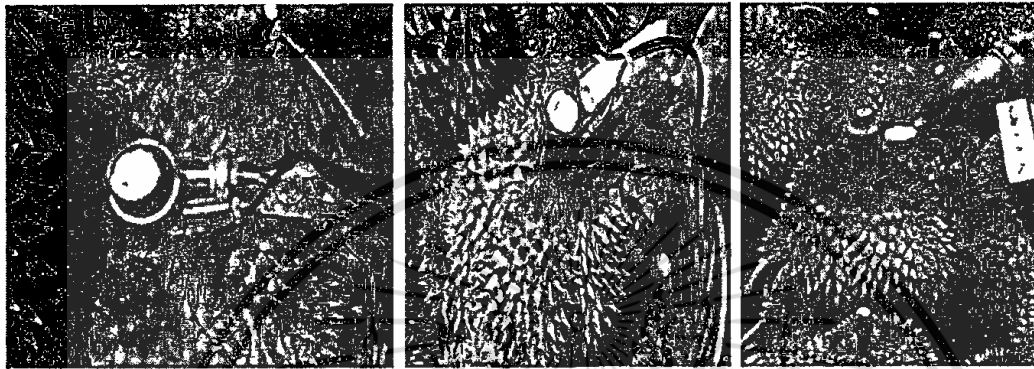
#### 4.7.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาโปรแกรมที่เขียนโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองที่ 4 ซึ่งสามารถที่กำหนดอายุ และเปอร์เซ็นต์ของลูกทุเรียน
2. เพื่อทดสอบความผิดพลาดของโปรแกรมโดยใช้ข้อมูลค่าความถี่
3. เพื่อนำค่าความถี่ที่ได้ มาแก้ไขและพัฒนาโปรแกรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เช็ตค่าเริ่มต้นก่อนการทดลอง ที่ความถี่ 10.002 kHz
2. นำโพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน และโพรบแบบซ้อนขนาน ที่ได้ทำการออกแบบ โดยใช้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นตัวออสซิลเลศความถี่ และทำการวัดที่ขั้วของทุเรียนตรงตำแหน่งจุดบนของโพรบ ดังแสดงในรูปที่ 4.48
3. ทำการจดบันทึกผลการทดลอง




รูปที่ 4.48 ตำแหน่งจุดบนของโพรบแต่ละโพรบ

ตารางที่ 4.37 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วัน ด้วยโพรบแบบคิมคิบ



ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพถ่ายอย่างทดลอง
1	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
2	9.76	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
3	9.63	110 -116วัน	70 - 75%	✓	
4	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
5	9.87	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
6	9.82	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
7	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
8	9.87	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
9	9.14	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
10	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
11	8.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
12	9.06	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
13	9.43	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
14	8.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
15	9.35	110 -116วัน	70 - 75%	✓	

ตารางที่ 4.37(ต่อ)ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
16	9.06	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
17	9.14	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
18	9.08	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
19	8.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
20	9.10	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
21	9.07	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
22	9.21	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
23	9.06	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
24	8.85	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
25	9.03	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
26	8.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
27	9.11	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
28	9.03	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
29	9.09	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
30	8.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
31	8.90	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
32	8.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
33	9.13	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
34	9.18	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
35	8.86	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
36	9.18	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
37	9.14	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
38	9.38	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
39	8.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
40	9.16	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
41	9.24	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
42	9.06	110 -116วัน	70 - 75%	✓	
43	9.20	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
44	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37(ต่อ)ผลการตรวจระดับความสุกสุรีนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ สุรีน	% สุรีน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
45	9.11	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
46	8.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
47	9.11	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
48	8.92	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
49	9.15	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
50	9.15	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
51	9.17	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
52	9.25	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
53	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
54	9.04	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
55	9.24	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
56	9.16	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
57	9.35	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
58	8.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
59	9.09	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
60	9.13	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
61	9.21	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
62	9.90	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
63	9.46	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
64	9.38	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
65	9.43	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
66	9.05	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
67	9.91	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
68	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
69	9.26	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
70	9.45	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
71	9.26	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
72	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
73	9.90	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37(ต่อ)ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วันด้วยโพรบแบบคิมคืบ

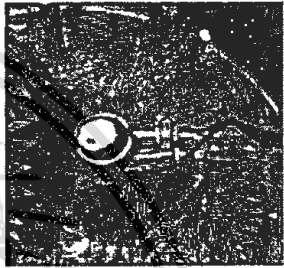

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
74	9.94	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
75	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
76	8.89	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
77	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
78	9.91	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
79	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
80	9.91	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
81	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
82	9.93	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
83	9.83	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
84	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
85	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
86	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
87	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
88	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
89	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
90	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
91	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
92	8.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
93	9.05	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
94	9.14	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
95	9.06	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
96	9.91	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
97	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
98	9.14	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
99	8.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
100	9.21	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

หมายเหตุ ✓ ผลการทดลองถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง

X ผลการทดลองไม่ถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


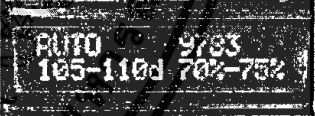
ตารางที่ 4.38 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 110-115 วันด้วยโพรบแบบคิมคิบ

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
1	8.64	110-115 วัน	80 - 85%	✓	 
2	8.81	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
3	8.83	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
4	8.88	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
5	8.83	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
6	8.82	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
7	8.80	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
8	8.74	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
9	8.46	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
10	8.64	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
11	8.24	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
12	8.64	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
13	8.81	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
14	8.83	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
15	8.88	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
16	8.83	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
17	8.82	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
18	8.80	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
19	8.74	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
20	8.46	110-115 วัน	80 - 85%	✓	

หมายเหตุ ✓ ผลการทดลองถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง  
 X ผลการทดลองไม่ถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วัน ด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
1	9.81	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
2	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
3	9.62	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
4	9.95	110 -110 วัน	70 - 75%	✓	
5	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
6	9.21	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
7	9.59	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
8	9.91	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
9	9.83	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
10	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
11	9.10	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
12	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
13	9.32	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
14	9.90	110 -110 วัน	70 - 75%	✓	
15	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
16	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
17	9.91	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
18	9.81	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
19	9.33	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
20	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
21	9.32	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
22	9.90	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
23	8.54	110 -115 วัน	70 - 75%	X	
24	9.81	110 -110 วัน	70 - 75%	✓	
25	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
26	9.86	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
27	9.58	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
28	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39(ต่อ)ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110วัน ด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
29	9.7	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
30	9.75	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
31	9.48	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
32	8.58	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
33	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
34	9.84	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
35	9.81	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
36	9.81	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
37	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
38	9.80	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
39	9.62	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
40	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
41	9.82	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
42	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
43	9.81	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
44	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
45	9.86	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
46	9.58	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
47	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
48	9.73	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
49	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
50	9.54	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
51	9.52	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
52	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
53	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
54	9.73	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
55	9.4	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
56	9.71	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39(ต่อ)ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110วัน ด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
57	9.71	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
58	9.88	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
59	9.76	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
60	8.87	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
61	8.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
62	9.06	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
63	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
64	9.74	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
65	8.22	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
66	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
67	9.04	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
68	9.90	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
69	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
70	9.25	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
71	9.56	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
72	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
73	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
74	9.81	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
75	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
76	9.86	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
77	9.58	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
78	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
79	9.73	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
80	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
81	9.54	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
82	9.52	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
83	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
84	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

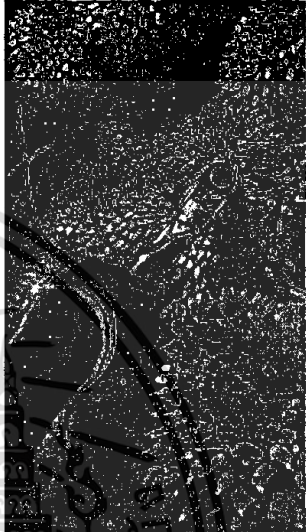

ตารางที่ 4.39(ต่อ)ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110วัน ด้วยโพรมแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
85	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
86	9.73	110 -116 วัน	75 - 75%	✓	
87	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
88	8.54	110 -115 วัน	80 - 85%	X	
89	9.52	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
90	9.78	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
91	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
92	9.73	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
93	9.40	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
94	9.71	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
95	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
96	9.73	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
97	9.72	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
98	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
99	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
100	9.83	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

หมายเหตุ ✓ ผลการทดลองถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง  
X ผลการทดลองไม่ถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 4.40 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 110-115 วัน ด้วยโพรบแบบขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
1	8.18	110-115 วัน	80 - 85%	✓	 
2	8.81	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
3	8.19	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
4	8.86	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
5	8.80	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
6	8.28	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
7	8.22	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
8	8.57	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
9	8.86	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
10	8.25	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
11	8.81	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
12	8.84	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
13	8.85	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
14	8.78	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
15	8.76	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
16	8.64	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
17	8.34	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
18	8.64	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
19	8.81	110-115 วัน	80 - 85%	✓	
20	8.83	110-115 วัน	80 - 85%	✓	

หมายเหตุ ✓ ผลการทดลองถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง  
 X ผลการทดลองไม่ถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110วัน ด้วยโพรมแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
1	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
2	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
3	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
4	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
5	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
6	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
7	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
8	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
9	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
10	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
11	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
12	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
13	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
14	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
15	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
16	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
17	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
18	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
19	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
20	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
21	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
21	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
23	9.93	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
24	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
25	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
26	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
27	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
28	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	


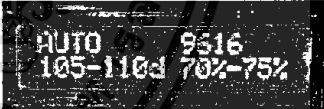
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41(ต่อ)ผลตรวจระดับความสุกสุรีนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
29	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
30	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
31	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
32	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
33	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
34	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
35	9.16	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
36	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
37	9.99	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
38	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
39	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
40	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
41	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
42	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
43	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
44	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
45	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
46	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
47	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
48	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
49	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
50	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
51	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
52	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
53	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
54	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
55	9.99	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
56	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41(ต่อ)ผลตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วันด้วยโพรบแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
57	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	 
58	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
59	9.5	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
60	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
61	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
62	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
63	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
64	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
65	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
66	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
67	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
68	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
69	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
70	9.99	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
71	9.15	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
72	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
73	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
74	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
75	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
76	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
77	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
78	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
79	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
80	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
81	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
82	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
83	9.97	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
84	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

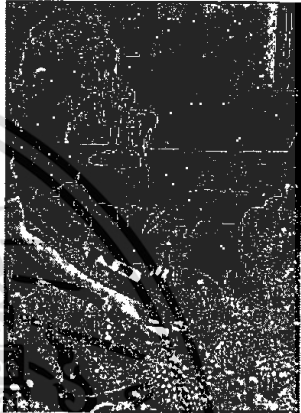

ตารางที่ 4.41(ต่อ)ผลตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 105-110 วันด้วยโพรมแบบซ้อนขนาน

ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
85	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
86	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
87	9.84	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
88	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
89	9.92	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
90	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
91	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
92	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
93	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
94	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
95	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
96	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
97	9.9	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
98	9.56	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
99	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	
100	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	✓	

หมายเหตุ ✓ ผลการทดลองถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง  
X ผลการทดลองไม่ถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง

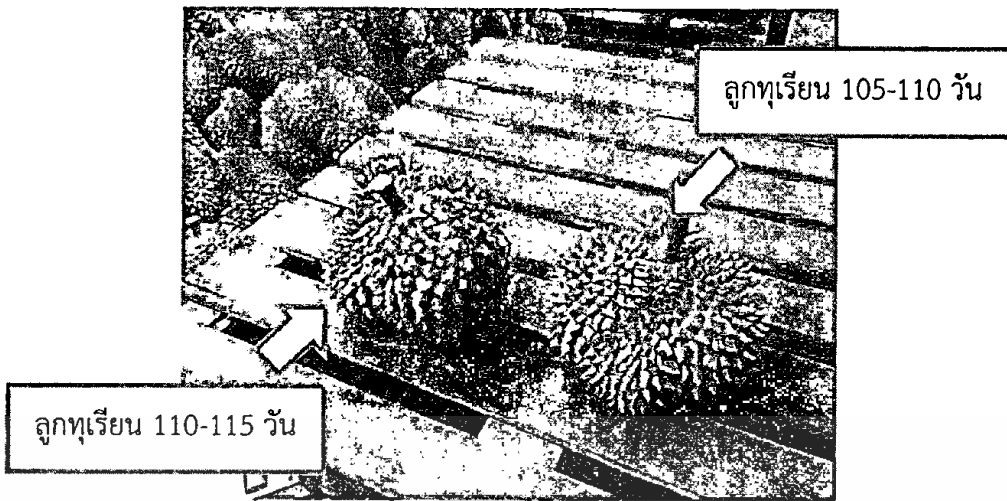
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 ผลการตรวจระดับความสุกทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวช่วงอายุ 110-115 วันด้วยโพรมแบบซ้อนขนาน

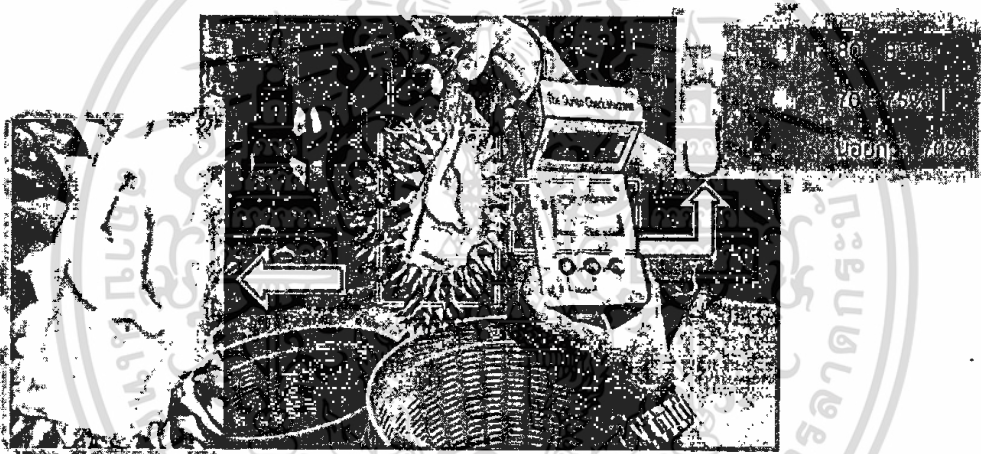
ลูกที่	ค่าความถี่	อายุของ ทุเรียน	% ทุเรียน	ผลการทดลอง	ภาพตัวอย่างทดลอง
1	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	X	 
2	9.19	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
3	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
4	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
5	9.89	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
6	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
7	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
8	9.16	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
9	9.88	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
10	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
11	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
12	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
13	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
14	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
15	9.98	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
16	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
17	9.94	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
18	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
19	9.96	105 -110 วัน	70 - 75%	X	
20	9.95	105 -110 วัน	70 - 75%	X	

หมายเหตุ ✓ ผลการทดลองถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง  
X ผลการทดลองไม่ถูกต้องตามอายุทุเรียนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.49 ลูกทุเรียนอายุ 105-110วัน และ ลูกทุเรียนอายุ 110-115วัน



รูปที่ 4.50 การตรวจสอบทุเรียน โดยบอกเปอร์เซ็นต์ทุเรียนบนแถบแอลอีดี



รูปที่ 4.51 การตรวจสอบทุเรียนอายุ105-110วัน และ ทุเรียนอายุ110-115วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการประมวลผลหลังการเก็บเกี่ยวของทุเรียนที่อยู่ในช่วง อายุ 105-115วัน ซึ่งเป็นทุเรียนที่ทำการเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกสู่ต่างประเทศหรือส่งภายในประเทศ โดยนำทุเรียน 100 ลูกในช่วงอายุ ทุเรียน 105-110 วัน ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ทุเรียน 70-75 เปอร์เซ็นต์ มาตรวจวัดน้ำหนักโพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน และโพรบแบบซ้อนขนาน โพรบแบบคิมคิบ ตรวจสอบความถูกต้องได้ 97 ลูก โพรบแบบขนาน ตรวจสอบได้ 95 ลูก และโพรบแบบซ้อนขนานตรวจสอบได้ 100 ลูก โดยที่ค่าความที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เกิดความแตกต่าง จากนั้น มาทำการวัด ที่ทุเรียน อายุ 110-115 วัน ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ทุเรียน 80-85 เปอร์เซ็นต์ โพรบคิมคิบขนานตรวจสอบได้ 20 ลูกโพรบแบบขนานตรวจสอบได้ 20 ลูก และโพรบแบบซ้อนขนานไม่สามารถทำการตรวจสอบได้เลย เนื่องจากค่าความถี่ในการตรวจสอบไม่มีความแตกต่างจากทุเรียน อายุ 105-110 ดังนั้นเครื่องตรวจสอบทุเรียน ด้วยโพรบแบบคิมคิบ และโพรบแบบขนาน สามารถบ่งบอกอายุและเปอร์เซ็นต์ของทุเรียนได้อย่างถูกต้องตามช่วงอายุและเปอร์เซ็นต์ของลูกทุเรียน

หมายเหตุ การตรวจสอบทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องตรวจสอบทุเรียนที่ได้ออกแบบนี้ ควรทำการตรวจสอบทุเรียนภายในเวลา 12 ชั่วโมง หากเกิน 12 ชั่วโมง ไปแล้วจะทำให้ น้ำเลี้ยงในตัวของทุเรียนแห้ง เมื่อตรวจสอบจะทำให้ค่าผิดพลาด จึงเหมาะสมกับการตรวจสอบหลังการเก็บเกี่ยวโดยทันที หรือไม่เกิน 12 ชั่วโมง ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการวัดความสุกระดับของทุเรียนที่ชี้ด้วยหลักการนี้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนา

ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการวิจัย และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้ทำมาทั้งหมดในโครงการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการวัดคุณภาพความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน ซึ่งการออกแบบโพรบโดยใช้หลักการของคาปาซิทีฟเซ็นเซอร์แบบทรงกระบอก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับการทดลองที่ขั้วของทุเรียน โดยออกแบบโพรบทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ โพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน และโพรบแบบซ้อนขนาน มาทำการวัดค่าประจุไฟฟ้า ด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้า อีกทั้งนำโพรบทั้ง 3 แบบ ต่อกับเครื่องวัดประจุไฟฟ้า โดยใช้โพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบซ้อนขนาน มาวัดที่ขั้วของลูกทุเรียน พบว่า ค่าประจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากนั้นนำโพรบที่ได้ทำการออกแบบมาต่อกับวงจรอะอสเตบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวนับค่าความถี่แสดงผ่านจอแอลซีดี และนำค่าความถี่ที่นับได้มาประมวลผลเพื่อคำนวณหาค่าประจุไฟฟ้า และค่าความนำไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดประจุไฟฟ้า

จากการทดลองวัดค่าประจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดประจุไฟฟ้าโพรบแกนอากาศ(วัดความจุไฟฟ้าของโพรบก่อนวัดที่ขั้วทุเรียน) เพื่อเปรียบเทียบกับขั้วทุเรียนที่แกนกลาง พบว่า ค่าประจุไฟฟ้าแกนอากาศมีค่าเท่ากับค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน ค่าประจุไฟฟ้าจากโพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบและซ้อนขนาน คือ 6.77, 3.33 และ 35.00 pF ตามลำดับ เมื่อทดลองให้โพรบสัมผัสกับขั้วทุเรียนที่ตำแหน่งต่างๆ พบว่า ค่าประจุไฟฟ้าจากโพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน และ โพรบแบบซ้อนขนาน มีค่าความจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังจากออกแบบโพรบ และวงจรแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นค่าความถี่เพื่อใช้ในการแยกแยะระดับความสุขของทุเรียนตามอายุแล้ว นำเครื่องดังกล่าววัดค่าความถี่ที่ออสซิลเลทจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ โดยนำไปทดลองวัดกับทุเรียนหมอนทองหลังจากทุเรียนติดผลในช่วงอายุ 60 -120 วัน พบว่า ค่าความถี่ที่วัดด้านบนของขั้วทุเรียนช่วงอายุ 60-90 วัน ค่าความถี่อยู่ในช่วง 9.997-9.992 kHz. และนำโพรบแต่ละแบบมาวัดหลังการเก็บเกี่ยว ในทุเรียนอายุ 105-120 วัน มีค่าความถี่ จากโพรบแบบคิมคิบ โพรบแบบขนาน โพรบแบบซ้อนขนาน อยู่ในช่วง 9.85-10.02, 9.78-10.02 และ 9.94-10.02 kHz. ตามลำดับ

เมื่อใช้โพรบแบบคิมคิบและโพรบแบบขนานมาวัดทุเรียนจำนวน 100 ลูก ที่อายุ 105-110 วัน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ทุเรียนเท่ากับ 70-75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีความถูกต้อง 97% 95% ตามลำดับ และเมื่อนำมาวัดในช่วงอายุ 110-115 วัน โดยใช้ทุเรียนจำนวน 20 ลูก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ทุเรียน 80-85 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีความถูกต้อง 100% ดังนั้น โพรบแบบคิมคิบและโพรบแบบขนานมีประสิทธิภาพการใช้งานได้ดี

หลักการวัดระดับความสุขของทุเรียนด้วยการอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน ต้องทำการวัดในขณะที่ขั้วทุเรียนยังไม่แห้ง หรือเก็บเกี่ยวมาไม่เกิน 12 ชั่วโมงซึ่งถือเป็นข้อจำกัดหลักที่พบจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 5.2.1 ไม่สามารถทำการตรวจสอบทุเรียนที่อยู่บนต้นในช่วงอายุ 116-120 วันขึ้นไป เพราะชาวสวนทุเรียนจะทำการตัดทุเรียนในช่วงอายุ 105 - 110 วัน
- 5.2.2 ไม่สามารถทำการตรวจสอบลูกทุเรียนที่อยู่ปลายกิ่งของต้นทุเรียนได้
- 5.2.3 ไม่สามารถตรวจสอบทุเรียนหลังการเก็บเกี่ยวนานเกินกว่า 12 ชั่วโมง เพราะทำให้หน้าที่ขั้วของทุเรียนแห้ง จึงได้ค่าผลการตรวจสอบเกิดการผิดเพี้ยน
- 5.2.4 ขั้วทุเรียนที่ใหญ่เกินกว่าขนาดโพรบที่ได้ทำการออกแบบไว้ ไม่สามารถตรวจสอบได้
- 5.2.5 ขั้วทุเรียนที่ขี้ไม่ว่ากรณิใดๆ หรือขั้วทุเรียนที่แห้งไม่สามารถตรวจสอบได้
- 5.2.6 สมบัติการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อระดับความสุกของทุเรียนเปลี่ยนไป จึงยากต่อการออกแบบหรือการแปรเงื่อนไขสัญญาณ

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 พัฒนาวางจรมีขนาดเล็กลง
- 5.3.2 จากการทดสอบยังมีพารามิเตอร์อื่นที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อให้การตรวจระดับความสุกทุเรียนมีความถูกต้องแม่นยำ เช่น อุณหภูมิ และความชื้นในบรรยากาศ แรงหนีบ หรือแรงกดของโพรบที่ขั้วทุเรียนซึ่งควรนำมาเป็นเงื่อนไขของสัญญาณเพื่อพัฒนาโปรแกรม ให้เครื่องสามารถทำนายระดับความสุกหรืออายุทุเรียนได้ถูกต้องแม่นยำ
- 5.3.3 ควรนำไปทดสอบกับทุเรียนพันธุ์อื่นๆ ด้วยเพื่อให้สามารถวัดระดับความสุกของทุเรียนได้หลากหลาย
- 5.3.4 แสดงและประมวลผลในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android)

## บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

- [1] วันทนา บัชรพทย์. 2551. ทูเรียน. [Online], เข้าถึงได้จาก <http://www.doae.go.th/library/html/putsetakit/durian.pdf>
- [2] คาปาซิทีฟเซ็นเซอร์ Capacitive sensor, [Online] , เข้าถึงได้จาก: <http://www.capsense.com/capsense-wp.pdf>
- [3] ชุศักดิ์ ขวประดิษฐ์ และ ปรีดาพรรณ ไชยศรีชลธา, เครื่องวัดความสุกแก่ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง โดยน้ำหนักแห้ง, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการ เกษตร [Online], เข้าถึงได้จาก <http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4911017.pdf>
- [4] S.Trirongjitmoah, A. Suriya, K. Jantacamut and M. Kuankru, "Pineapple Ripeness Assessment System Using an Electronic Nose and Neural Networks", in EECOM-29 , at Ambassador City Jomtien, Pattaya, Thailand, 9-10 November 2006.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] S. Saimek, J. Nuadkum, W. Piyarat, "A study for ripeness of durian by Fast Fourier Transform (FFT)", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19, 19-21 ตุลาคม 2548.
- [10] ก้องเกียรติ ณ สีมา, ไซเบอร์ไอซีเบอร์ 555, บริษัทอิเล็กทรอนิกส์ เวิลด์ จำกัด พ.ศ.2528



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุม

```

#include <intrins.h>
#include<reg51.h>

void delay(unsigned int ms);
void lcd_command(unsigned char com);
void inttolcd(unsigned char posi, int value);
void lcd_init();
void on_inter1();
void off_inter1();
void delay_1s();
void show_persen();
void show_setpuls();
void delay_swite();
void delay_n();
void show_persen1();
void led_00();

sbit up = P1^0 ; ; // ให้ sw up ต่อ P1.0
sbit downt = P1^1 // ให้ sw downt ต่อ P1.1
sbit inter = P1^2 // ให้ sw inter ต่อ P1.2
sbit led1 = P2^0; // ให้ led1 ต่อ P2.0
sbit led2 = P2^1; // ให้ led2 ต่อ P2.1
sbit led3 = P2^2; // ให้ led3ต่อ P2.2

unsigned long puls1=0,num1,num2=0,num3=0,puls2=0;
int up_puls,check_en;
bit check_inter;

main()
{
check_en=1;
led1 = 0 ; // ให้ led เป็น 0
led2 = 0 ; // ให้ led เป็น 0
led3 = 0 ; // ให้ led เป็น 0
lcd_init();

```

เอกสาร lcd\_puts(0x80,"DURIAN TEST");งานเพื่อ // แสดงข้อความ DURIAN TEST ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

up_puls=0;
puls1=0;
TMOD=0x01;          // เปิดใช้ ไทม์เมอร์
num1=10001;
lcd_puts(0xc0," Select mode"); // แสดงข้อความ Select mode

while(1)
{
    if(up==0)        // กด สวิตซ์ up
    {
        lcd_command(0x01);
        lcd_puts(0x86,"AUTO"); // แสดงข้อความ AUTO
        lcd_puts(0xc1," Press Enter "); // แสดงข้อความ Press Enter
        while(1)
        {
            if(inter==0) // กด สวิตซ์ inter
            {
                lcd_command(0x01);
                lcd_puts(0x80,"AUTO"); // แสดงข้อความ AUTO
                puls1=0; // ให้ puls 1 เป็น 0
                on_inter1(); // เปิด อินเตอร์รัพต์
                delay_1s(); // ดิเลย์ 1 วินาที
                off_inter1(); // ปิด อินเตอร์รัพต์
                if(check_inter==0)
                {
                    num2 = puls1-num1;
                    check_inter=1;
                }

                puls2 = puls1-num2;

                inttolcd(0x89,puls2);}
                if(puls2<=10001) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 10001
                {
                    if (puls2>=6000) // ถ้า puls2 มากกว่า 6000
                    show_persen(); // ฟังชั้น persen
                }
            }

            if(puls2<=5999) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 5999

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    if (puls2>1000)           // ถ้า puls2 มากกว่า 1000
    {
        led1 = 1;           // ให้ led เป็น1
        led2 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led3 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        delay_n();
        led1 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led2 = 1;           // ให้ led เป็น1
        led3 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        delay_n();
        led1 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led2 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led3 = 1;           // ให้ led เป็น1
        delay_n();
    }
}

if(puls2<=20000)           // ถ้า puls2 น้อยกว่า 20000
{
    if (puls2>=10001)       // ถ้า puls2 มากกว่า 10001
    {
        led1 = 1;           // ให้ led เป็น1
        led2 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led3 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        delay_n();
        led1 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led2 = 1;           // ให้ led เป็น1
        led3 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        delay_n();
        led1 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led2 = 0;           // ให้ led เป็น 0
        led3 = 1;           // ให้ led เป็น1
        delay_n();
    }
}

if(downt==0)               // กด สวิตซ์ downt
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd_command(0x01);
lcd_puts(0x86,"MANUAL")           // แสดงข้อความ AUTO
lcd_puts(0xc1," Press Enter ")     // แสดงข้อความ Press Enter
while(1)
{
  if(inter==0)
  {
    check_en=0; )
    lcd_puts(0x80,"MANUAL");       // แสดง ข้อความ MANUAL
    puls1=0;
    on_inter1();
    delay_1s();                    // ตีเลย 1 วินาที
    off_inter1();                  // ปิด อินเตอร์รัฟต์

if(check_en==0)
{
  if(puls1<=10003||puls1>=6000)
  {
    inttolcd(0x89,puls1);
    show_setpuls();                // ฟังชั้น setpuls
    show_persen1();               // ฟังชั้น persen
  }

  if (puls1>=10004||puls1<=5999)
  { inttolcd(0x89,puls1);
    show_setpuls();                // ฟังชั้น setpuls
    show_persen1();               // ฟังชั้น persen
  }
}
}
}

void on_inter1()                   // ฟังชั้น อินเตอร์รัฟต์
{
  EA = 1;
  EX1=1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void off_inter1()                // ฟังก์ชัน ปิด อินเทอร์รัพต์
{
    EA=0;
    EX1=0;
    puls1=puls1+up_puls;
}
void count_puls1() interrupt 2
{
    puls1++;
}
void delay_1s()                  // ฟังก์ชัน ดีเลย์ 1 วินาที
{
    unsigned char a;
    for(a=0;a<315;a++)
    {
        TH0=0xEE;
        TL0=0x00;
        TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;
        TF0=0;
    }
}

void show_setpuls()
{
    if (up==0)
    {
        delay_swite();
        up_puls=up_puls+1;
        puls1=puls1+1;
    }

    if (downt==0)
    {
        delay_swite();
        up_puls=up_puls-1;
        puls1=puls1-1;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}

#define lcd_clear() lcd_command(1) // Macro function for clear display LCD
#define lcd_organ() lcd_command(2) // Macro function for set origin LCD
#define NUMBER_OF_DIGITS 16 // Macro function for set character byte
for convert integer
#define dis_port P0
sbit e = P3^6; // Define P3.6 for Enable pin of LCD
sbit rs = P3^7; // Define P3.7 for RS pin of LCD

void delay(unsigned int ms)
{
    unsigned int x,a; // Keep for counter loop
    for(x=0;x<ms;x++)
    {
        for(a=0;a<908;a++); // Loop for delay 1 millisec per unit
    }
}

void lcd_command(unsigned char com)
{
    rs = 0;
    e = 1;
    dis_port = com;
    delay(1);
    e = 0;
    delay(1);
}

void lcd_text(unsigned char text)
{
    rs = 1;
    e = 1;
    dis_port = text;
    delay(1);
    e = 0;
    delay(1);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void lcd_puts(char addr, char *ptr)
{
    lcd_origin();    // Set origin LCD
    lcd_command(addr); // Set address LCD
    while(*ptr       // check 0(NULL) condition
    {
        lcd_text(*ptr); // Send data of ptr pointer to LCD
        ptr++;          // Increase address 1 time
    }
}

void _ultoa(unsigned long value, char* string, unsigned char radix)
{
    unsigned char index; // Counter of digit
    char buffer[NUMBER_OF_DIGITS]; // Data buffer
    index = NUMBER_OF_DIGITS; // Load counter by digit count
    do
    {
        buffer[--index] = '0' + (value % radix); // Convert configuration by
radix(10 or 16)
        if ( buffer[index] > '9') buffer[index] += 'A' - '9' - 1; // For base over
10(base 16)
        value /= radix; // Div by to calculate into next digit
    } while (value != 0); // End for convert?
    do
    {
        *string++ = buffer[index++]; // Load convert value to string buffer
    } while ( index < NUMBER_OF_DIGITS ); // Over of digit count?

    *string = 0; // Place null for end string
}

void _ltoa(long value_l, char * string_l, unsigned char radix_l)
{
    if (value_l < 0 && radix_l == 10) // For value < 0 (base 10)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        *string_l++ = '-';           // Load sign '-' for display
        _ultoa(-value_l, string_l, radix_l); // Convert long integer
    }
    else
    {
        _ultoa(value_l, string_l, radix_l); // Convert long integer
    }
}
void inttolcd(unsigned char posi, int value)
{
    char buff[12]; // For keep string send to LCD
    _ltoa(value,&buff[0],10); // Convert value base 10
    lcd_puts(posi,&buff[0]); // Send integer to LCD
}
void lcd_init()
{
    delay(50); // Delay for initial LCD
    lcd_command(0x38); // on display ,8 bit display ,5*7 dot
    lcd_command(0x0C); // None cursor
    lcd_command(0x01); // Clear screen
}
void show_persen()
{
    if(puls2<=10002) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 10002
    {
        if(puls2>=10000) // ถ้า puls2 มากกว่า 10000
        {
            lcd_puts(0xc9,"Enter ");
            if(check_en==1)
            {led1 = 1;
            led2 = 0;
            led3 = 0;
            if(check_inter==0)
            {check_en=0;
            }
            }
            delay_n();
            if(check_en==1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        {led1 =0
          led2 = 1;
          led3 = 0;
        if(check_inter==0)
          {check_en=0;
            }
          }
        delay_n();
        if(check_en==1)
        {led1 = 0;
          led2 = 0;
          led3 = 1;
          if(check_inter==0)
            {check_en=0;
              }
            }
          delay_n();
        }
        }
        if(puls2<=9999) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 9999
        {
          if(puls2>=9981) // ถ้า puls2 มากกว่า 9981
          {
            led1 = 1;
            led2 = 0;
            led3 = 0;
          }
        }
        if(puls2<=9980) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 9980
        {
          if(puls2>=8820) // ถ้า puls2 มากกว่า 8820
          {
            lcd_puts(0xc9,"70%-75%");
            lcd_puts(0xc0,"105-110d");
            led1 = 1;
            led2 = 1;
            led3 = 0;
          }
        }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    if(puls2<=8819) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 8819
    {
        if(puls2>=7600) // ถ้า puls2 มากกว่า 7600
        {
            lcd_puts(0xc9,"80%-85%");
            lcd_puts(0xc0,"110-115d");
            led1 = 1;
            led2 = 1;
            led3 = 1;
        }
    }
    if(puls2<=7599) // ถ้า puls2 น้อยกว่า 7599
    {
        if(puls2>=6000) // ถ้า puls2 มากกว่า 6000
        {
            lcd_puts(0xc9,"TRY");
            led1 = 0;
            led2 = 0;
            led3 = 0;
        }
    }
}

void delay_swite() // ฟังก์ชัน สวิตช์ กด ค้าง
{
    unsigned int b; // จำนวนเต็ม บี

    for(b=0;b<999;b++); // วนรอบ 999 รอบ
}

void delay_n() // ดีเลย์
{
    unsigned int c,d; // จำนวนเต็ม ซี ดี

    for(c=0;c<d;c++);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





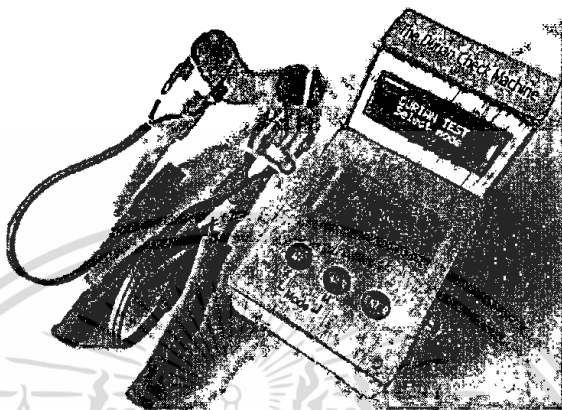
ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการใช้งาน

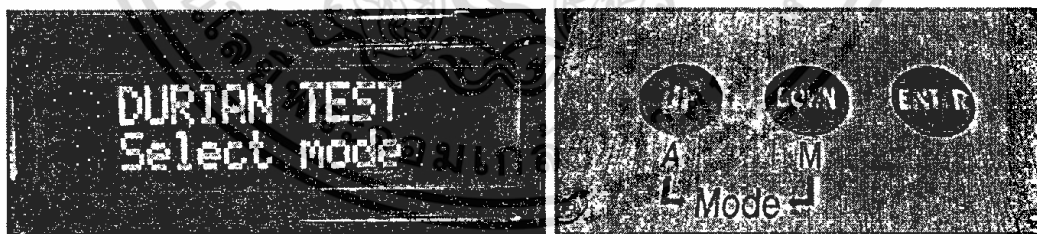
ในส่วนการใช้งานการวัดคุณภาพความสุกของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียนดังแสดงในรูปที่ ข.1 ได้อธิบายเป็นลำดับขั้นตอนของการใช้งาน ดังต่อไปนี้



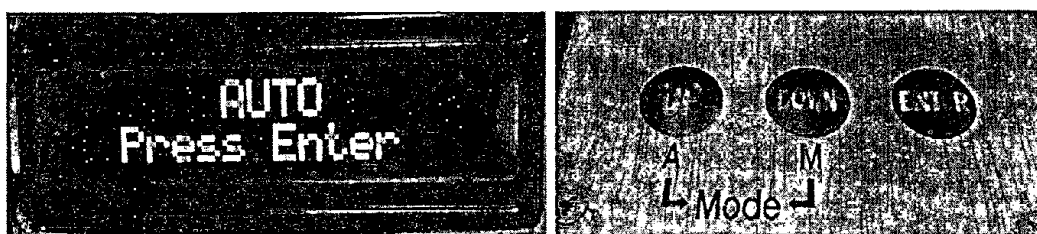
รูปที่ ข.1 เครื่องตรวจสอบทุเรียนและโพรบที่ได้ทำการออกแบบ

### ขั้นตอนการใช้งาน

1. กดปุ่มเปิดเครื่อง ให้โปรแกรมเข้าสู่การทำงาน จากนั้นเข้าสู่หน้าเมนู โดยเมนูบอกคำสั่งให้ทำการเลือกโหมดในการใช้งาน เมื่อทำการกดปุ่ม UP & A จะเข้าสู่ Mode AUTO และเมื่อกดปุ่ม DOWN & M จะเข้าสู่โหมด Mode MANUAL

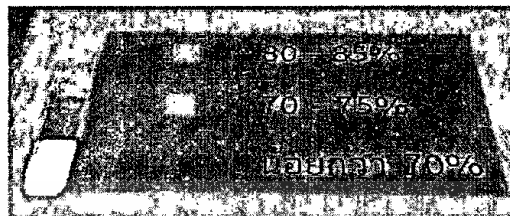


2. เมื่อทำการกดปุ่ม UP & A ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเข้าระบบสู่โหมดการใช้งานแบบ AUTO



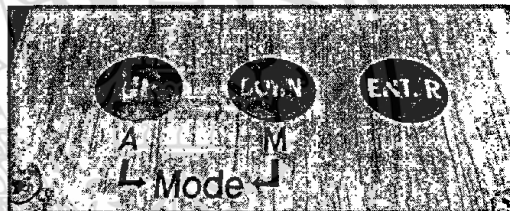
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเข้า Mode AUTO หน้าจอแอลซีดีจะแสดง คำว่า AUTO Press Enter จากนั้นทำการกดปุ่ม ENTER ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลค่าพัลส์แสดงผ่านทางจอแอลซีดี โดยเป็นการคาร์เบทความถี่เริ่มต้นแบบอัตโนมัติที่ 10002 Hz แล้วจะมีไฟกระพริบบอกสถานะบนแถบแอลอีดี ว่าพร้อมในการใช้งาน

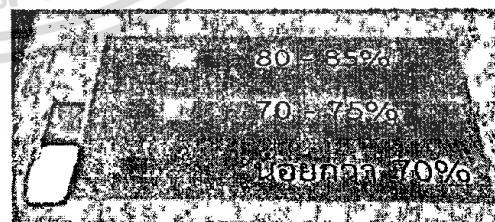


4. จากนั้นทำการกดปุ่ม ENTER พร้อมกับนำโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการคาปาซิทีปเซ็นเซอร์สวมเข้าที่ขั้วของลูกทุเรียน โดยให้โพรบสัมผัสกับขั้วทุเรียนที่ตำแหน่งด้านบน แล้วอ่านผลที่แสดงทางจอแอลซีดีและแถบแอลอีดี สิ้นสุดของระบบ AUTO

5. เมื่อทำการกดปุ่ม DOWN & M ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเข้าระบบสู่โหมดการใช้งานแบบ MANUAL



6. เมื่อเข้า Mode MANUAL หน้าจอแอลซีดีจะแสดง คำว่า MANUAL Press Enter จากนั้นทำการกดปุ่ม ENTER ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลค่าพัลส์แสดงผ่านทางจอแอลซีดี โดยให้ผู้ใช้สามารถเซตค่าด้วยตัวเอง เมื่อกดปุ่ม UP ความถี่จะเพิ่มขึ้น และเมื่อกดปุ่ม DOWN ความถี่ก็จะลดลง ซึ่งผู้ควรที่ปรับความถี่เริ่มต้นที่ 10002 Hz แล้วจะมีไฟกระพริบบอกสถานะบนแถบแอลอีดี ว่าพร้อมในการใช้งาน



7. จากนั้นทำการกดปุ่ม ENTER พร้อมกับนำโพรบที่ได้ออกแบบโดยใช้หลักการคาปาซิทีปเซ็นเซอร์สวมเข้าที่ขั้วของลูกทุเรียน โดยให้โพรบสัมผัสกับขั้วทุเรียนที่ตำแหน่งด้านบน แล้วอ่านผลที่แสดงทางจอแอลซีดีและแถบแอลอีดี สิ้นสุดของระบบ MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



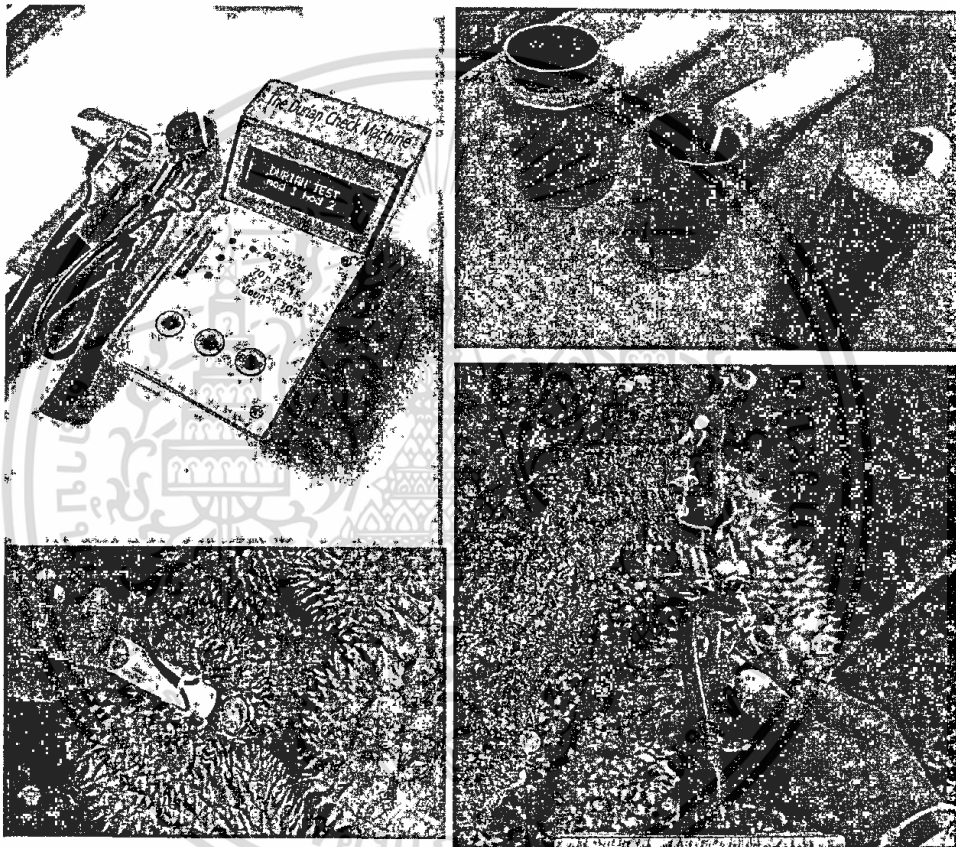
ภาคผนวก ค.  
สรุปผลดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลงานวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาดำเนินการ .1\_ปี\_...เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558 ผลการดำเนินงานที่สำเร็จ ณ วันที่ 30 กันยายน 2557 ประกอบด้วย

- ชิ้นงาน ต้นแบบ เพื่อใช้ในการศึกษาการวัดคุณภาพความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน
- รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การวัดคุณภาพความสุขของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน



ภาพรวมของเครื่องตรวจระดับความสุขทุเรียน

### ผลที่ก้ำลังดำเนินการ

- บทความวิจัย อยู่ระหว่างการพิจารณาตอบรับของหน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ง.**  
**สรุปการใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่.....3.....รอบ.....12.....เดือน ประจำปีงบประมาณ.....2558.....

 แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ)     แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย).....การวัดคุณภาพความสุกของทุเรียนส่งออกแบบไม่ทำลายด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของอายุทุเรียนกับสมบัติค่าความจุไฟฟ้าที่ขั้วทุเรียน.....

(ภาษาอังกฤษ).....Non Destructive Maturity Determination of Durian to export by measuring the capacitive properties on the stem of a fruit.....

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ.) .....มนตรี ไชยชาญยุทธ์.....

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่.....1 ตุลาคม 2557.....ถึงวันที่.....30 กันยายน 2558.....

ระยะเวลาดำเนินการ.....1.....ปี - .....เดือน ตั้งแต่วันที่.....1 ตุลาคม 2557.....ถึงวันที่.....30 กันยายน 2558.....

## ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

## 1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1.....64,040.....บาท .....15.....% วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ค/ว).....08/12/57.....

งวดที่ 2.....318,460.....บาท .....85.....% วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ค/ว).....15/05/58.....

## 2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย )

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	140,160	140,160	-
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	100,840	100,840	-
ค่าวัสดุ	143,000	143,000	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
<b>รวม</b>	<b>384,000</b>	<b>38,400</b>	

(.....มนตรี ไชยชาญยุทธ์)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

.....30 / 09 / 2558.....

(นางสาว ชีระนีย์ แก้วบงก์)

(ผู้อำนวยการสำนักงานวิจัยที่ ๕)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุโลมให้นำไปใช้ในการอื่นที่นอกเหนือจากนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานวิจัยที่ ๕  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 / 09 / 2558

## ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้วิจัยหลัก/ผู้วิจัยร่วม/ที่ปรึกษาโครงการ

### 1. หัวหน้าโครงการ

- 1.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์  
(อังกฤษ) MR. Montree CHAICHANYUT
- 1.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 9001 00182 80 8
- 1.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5
- 1.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้
- แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร  
กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160  
โทรศัพท์ 077-591-445  
โทรสาร 077-506-410  
Email: [kcmontre@kmitl.ac.th](mailto:kcmontre@kmitl.ac.th)

### 1.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2547	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2545	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

### 1.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัดควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

### 1.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

#### 1.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

#### 1.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

#### 1.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง Thermal Conduction and Perfusion of Ring-Slot Microwave Antenna for treatment Liver Tumor

วารสาร International Conference on Biomedical Engineering (ICoBE), Organized by School of Mechatronic Engineering, Universiti Malaysia Perlis (UniMAP), Perlis, Malaysia

ปีที่พิมพ์ 26th February, 2012 Conference: 27-28, February 2012

สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อเรื่อง Microwave Ablation with Cap-Chokè Antenna: Result in Computer Simulation

วารสาร International Conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010),

ปีที่พิมพ์ 19-21 MAY, 2010, Chiang Mai, THAILAND

สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อเรื่อง ความเป็นไปได้ในการตรวจจับการลอกคราบของปูด้วยวิธีการประมวลผลภาพสำหรับฟาร์มปูน้ำ  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง เทคนิคการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟแบบสาย พานลำเลียง  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง เครื่องคัดแยกขนาดสับประรดโดยใช้อินฟาเรดเซนเซอร์  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง เครื่องคั่วกาแฟ  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้นในผิวดินด้วยวิธีการวัดความนำไฟฟ้า  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ระบบต้นแบบการเก็บข้อมูลขนาดความยาว และ น้ำหนักของปลาทะเล  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ระบบต้นแบบการตรวจจับการลอกคราบของปูทะเลสำหรับฟาร์มปูน้ำด้วยวิธีการประมวลผลภาพ  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ตูต้นแบบเพื่อการเพาะถั่วงอกปลอดสารพิษในครัวเรือนด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10  
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง LENGTH EFFECT OF DIELECTRIC-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE  
DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION  
วารสาร International Conference on Cellular & Molecular Bioengineering  
ปีที่พิมพ์ 10-12<sup>th</sup> December 2007, Singapore  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง LENGTH EFFECT OF METAL-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE  
DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION  
วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006  
ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อเรื่อง COMPARISON TEMPERATURE DISTRIBUTION BETWEEN MICROWAVE AND RADIO-FREQUENCY ABLATION PROBE IN HEPATIC CANCER  
วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006  
ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
  - ชื่อเรื่อง “FINITE ELEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF HEPATIC CANCER TISSUE DESTRUCTION USING 2.45 GIGAHERTZ ANTENNAS”  
วารสาร ICBME the 12<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING  
ปีที่พิมพ์ December 7-10, 2005  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
  - ชื่อเรื่อง “Finite Element Analyses for a study of Hepatic cancer tissue destruction using monopolar and bipolar Radio-frequency Ablation”  
วารสาร ISBME INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL ENGINEERING  
ปีที่พิมพ์ November 16-18, 2004  
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
  - ชื่อเรื่อง “ระบบเก็บข้อมูลสำหรับอุณหภูมิและความชื้น”  
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5  
ปีที่พิมพ์ 2547  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- 1.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ
- ชื่อเรื่อง “เครื่องต้นแบบการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นผลผลิตการเกษตรตามเวลาจริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้ง”
  - ชื่อเรื่อง “เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน (ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มยูเอชที)”
  - ชื่อเรื่อง “เครื่องวัดและศึกษาดัชนีบ่งชี้ความสดของเนื้อปลาทะเลโดยการวัดความต้านทานเชิงซ้อน”

## 2. ผู้ร่วมวิจัย

- 2.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ  
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Athasart NARKTHEWAN
- 2.2 มายประจำตัวประชาชน 3 8097 00050 44 8
- 2.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 5
- 2.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้
- |                 |  |
|-----------------|--|
| แผนก/ภาควิชา    | ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร                    |
| กรม/มหาวิทยาลัย | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง                 |
| ที่อยู่         | หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160                           |
| โทรศัพท์        | 077-591-445  |
| โทรสาร          | 077-506-410  |
| Email:          | <a href="mailto:knathasa@kmitl.ac.th">knathasa@kmitl.ac.th</a> |

## 2.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2536	ตรี	คอบ.	ครุศาสตร์ วิศวกรรม	อิเล็กทรอนิกส์ และ คอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

## 2.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิมหาบัณฑิต) ระบุสาขาวิชา

- Image Processing
- Pattern Recognition

## 2.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

2.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

2.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

2.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง “การตรวจหาสิ่งผิดปกติในเท็กเจอร์ของผ้าไหมโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต.”

วารสาร การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41

ปีที่พิมพ์ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง “การวิเคราะห์เท็กเจอร์โดยใช้การแปลงเวฟเล็ต.”

วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20

ปีที่พิมพ์ พฤศจิกายน 2540.

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง “การแก้ไขรายละเอียดของภาพโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต.”

วารสาร วิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีที่พิมพ์ เมษายน 2540.

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

2.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

## 3. ผู้ร่วมวิจัย

3.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวอัญญา จันทร์ปะทิว

(อังกฤษ) Miss Anchana Janpatiw

3.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 8603 00017 49 6

3.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์	077-591-445
โทรสาร	077-506-410
Email:	kjanjana@kmitl.ac.th

## 3.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2544	ตรี	วท.บ.	พืชสวน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2547	โท	วท.บ.	พืชศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย

## 3.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- สาขา พืชสวน การปรับปรุงพันธุ์พืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

## 3.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

3.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

3.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

3.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. ปีงบประมาณประมาณ 2551 การขยายพันธุ์และอนุรักษ์พันธุ์กล้วยไม้เพชรหึงโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน สถานะภาพ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย

2. ผลงานวิจัยที่พิมพ์ออกเผยแพร่และ/หรือนำเสนอในการประชุมทางวิชาการ

- ชื่อเรื่อง “การผลิตแอนโทไซยานินในการเพาะเลี้ยงแคลลัสของกุหลาบมอญ (*Rosa damascena* Mill.)

วารสาร ว.วิทย์.กษ.36 5-6(พิเศษ) : 733-736

ปีที่พิมพ์ 2548.

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง “ผลของ Benzyladenine และสารอินทรีย์บางชนิดต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เอื้องเงินหลวงในสภาพปลอดเชื้อ.”

วารสาร เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 44 สาขาพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปีที่พิมพ์ 28 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2549

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง “การขยายพันธุ์กล้วยไม้สร้อยระย้าโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.”

วารสาร เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 7. ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จังหวัดเชียงใหม่.

ปีที่พิมพ์ วันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง “TISSUE CULTURE OF *GRAMMATOPHYLLUM SPECIOSUM* BLUME”

วารสาร THE WORLD LARGEST ORCHID

ปีที่พิมพ์ 2009. AActa Hort. 812:205-210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง "Screening Lutein and Zeaxanthin Compositional Variation in Sweet Corn Germplasm"

วารสาร The 11<sup>th</sup> Asian Maize Conference (11<sup>th</sup> AMC), China.

ปีที่พิมพ์ 2011

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง "การตรวจสอบปริมาณแคโรทีนอยด์ในข้าวโพดรับประทานฝักสดและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของปริมาณแคโรทีนอยด์ในข้าวโพดหวาน"

วารสาร วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปีที่พิมพ์ 2555.

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

#### 4.7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

#### 4. ที่ปรึกษาโครงการ

4.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

(ภาษาอังกฤษ) Mr.Polsart LERTPASERT

4.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 3001 00371 48 7

4.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

4.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ 3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-326-4222-3

โทรสาร 02-7392398

Email: klpolsar@kmitl.ac.th

#### 4.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2533	ปริญญาโท	วศ.ม.วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2530	ปริญญาตรี	อ.ส.บ. อดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

#### 4.6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

วิศวกรรมระบบควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

วิศวกรรมคลื่นเสียง

#### 4.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่า

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

4.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

4.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง “เครื่องต้นแบบเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ แบบแสดงผลบนจอภาพใช้ในสนาม”

วารสาร รายงานการวิจัยห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีที่พิมพ์ 2530

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “ระบบแสดงสัญญาณจากร่างกายสำหรับห้องผู้ป่วยหนัก”

วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่พิมพ์ 24-25 พฤศจิกายน 2530

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “ระบบส่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยคลื่นวิทยุ”

วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 9 สถาบัน ครั้งที่ 11 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ปีที่พิมพ์ 16-17 ธันวาคม 2531

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์

วารสาร การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 13 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่พิมพ์ 8-9 พฤศจิกายน 2533

- สถานภาพในการทำวิจัย - ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “เทคนิคการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของร่างกาย”

วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 14 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

ปีที่พิมพ์ 7-8 พฤศจิกายน 2534

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “การใช้จอ VGA ในการแสดงผลรูปสี่เหลี่ยม”

วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีที่พิมพ์ 3-4 ธันวาคม 2535

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 2 ช่องสัญญาณ”

วารสาร วิศวกรรมสาร ปีที่ 46 เล่มที่ 8

ปีที่พิมพ์ สิงหาคม 2535

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “Microprocessor base Arrhythmia Monitor Processing”

วารสาร Asian Australia Regional Conference on Biomedical Electronics 1994, Institute Technology Bandung, INDONESIA

ปีที่พิมพ์ 27-29 April 1994

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ: ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง “การสร้างต้นแบบแขนกลโดยใช้เส้นใยไฟเบอร์”  
สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- ชื่อเรื่อง “การควบคุมแขนกลแบบป้อนกลับทางลบ”  
สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- ชื่อเรื่อง “เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ UHF”  
สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- ชื่อเรื่อง “การควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติ”  
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้ากลุ่มวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้