สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุก – แก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ระบบการสั่นสะเทือน

THE STUDY RELATIONSHIP BETWEEN MATURITY OF "NAM DORKMAI" MANGO USING VIBRATION SYSTEM

T036724

โดย

นางสาวเกษสาคร พรมล้วน
นายนรสิงห์ กิตติโสภา
นางสาวเนติยา สนิทกลาง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.........
เลขทะเบียน 36724
วัน, เดือน, ปี 28 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุก-แก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ระบบการสั่นสะเทือน

(THE STUDY RELATIONSHIP BETWEEN MATURITY OF "NAM DORKMAI" MANGO USING VIBRATION SYSTEM)

ผู้จัดทำ

นางสาวเกษสาคร พรมล้วน

นายนรสิงห์ กิตติโสภา

นางสาวเนติยา สนิทกลาง

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สรรวริศ อุ่ยวัฒนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสุก-แก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ระบบการสั่นสะเทือน

นางสาวเกษสาคร พรมล้วน
นายนรสิงห์ กิตติโสภา
นางสาวเนติยา สนิทกลาง
อาจารย์สรรวริศ อุ่ยวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

การทดลองหาความแตกต่างของระดับอายุมะม่วงน้ำดอกไม้ การใช้ค่าความถ่วงจำเพาะเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้หาระดับความแตกต่างของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยไม่เป็นการทำลาย หรือทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตและยังเป็นวิธีการที่ใช้ได้ดีอีกด้วย การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของมะม่วงที่มีอายุมากจะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่มากกว่ามะม่วงที่มีอายุน้อยกว่าและมีความแน่นเนื้อน้อยกว่า การใช้ระบบการสั่นสะเทือนในการวัดระดับอายุของมะม่วงน้ำดอกไม้ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ไม่ทำลายผลผลิตให้เกิดความเสียหายโดยเครื่องกำเนิดสัญญาณการสั่นทั้ง 3 ความถี่ โดยผ่านจากหม้อแปลงใช้ต้นกำเนิดความถี่ คือ 25 เฮิร์ท 50 เฮิร์ท และ100 เฮิร์ท จะทำให้เกิดลักษณะคลื่นบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน

มะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีความแน่นเนื้อที่แตกต่างกัน จะให้ค่าสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The study relationship between maturity of "Nam DorkMai" mango

Using vibration system

Miss.Ketsakhon Promluan

Mr.Norasing Kittisopha

Miss.Netiya Sanitklang

Mr.Sanvarit Uywattana Advisor

1999

Abstract

"Nam DorkMai" mango is a goods which importance for commercial. Because it is important export goods and can make income for farmers. Thus the quality control is importance to want the market.

The test that can be used to separate maturity of "Nam DorkMai" mango. The specific gravity method is one of many can be used to separate maturity which non-destructive. Specific gravity is varying with maturity. The vibration system method can be used to separate maturity. The frequency of "Nam DorkMai" mango invert with firmness of "Nam DorkMai" mango

Specific gravity method suit for separate maturity since unmature until mature but vibration system method suit for separate maturity since mature until over mature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก.
สารบัญรูปภาพ	ข.
สารบัญตาราง	จ.
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือนและการเชื่อมต่ออุปกรณ์	8
บทที่ 4 การทดลองและการเก็บข้อมูล	13
บทที่ 5 ผลการทดลอง	19
บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	45
ภาคผนวก	47
กิตติกรรมประกาศ	66
เอกสารอ้างอิง	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงตัวเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์ 6
รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานของตัวขยายสัญญาณ 6
รูปที่ 3 แสดงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำของวงจรแม่เหล็ก 9
รูปที่ 4 แสดงการทำงานของ A/B Card 9
รูปที่ 5 แสดงการออกแบบเครื่อง 10
รูปที่ 6 แสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้แปลงความถี่ 10-11
รูปที่ 7 แสดงการต่อวงจรการทำงานของการทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือน 15
รูปที่ 8 แสดงสัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือน 22
รูปที่ 9 สัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลอง 23
รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท 24
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท 25
รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท 25
รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย(ลูกสุก) ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท 26
รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย(ลูกสุก) ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท 26
รูปที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย(ลูกสุก) ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท 27
รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท 28
รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท 39
รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท 30
รูปที่ 19 แสดงสัญญาณที่ได้จากการทดลอง โดยใช้การสั่นสะเทือน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 20 แสดงสัญญาณที่ได้จากการทดลอง โดยใช้การสั่นสะเทือนเมื่อนำมะม่วงบ่ม 2 วัน 33
รูปที่ 21 กราฟเปรียบเทียบค่าความถี่ที่เก็บข้อมูลได้ 36
รูปที่ 22 กราฟเปรียบเทียบค่าความถี่ที่เก็บข้อมูลได้ 37
รูปที่ 23 กราฟเปรียบเทียบค่าความถี่ที่เก็บข้อมูลได้ 38
รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท 39
รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความแน่นเนื้อ(Kg-mm) ที่ ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท 39
รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท 41
รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความแน่นเนื้อ(Kg-mm) ที่ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท 41
รูปที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท 43
รูปที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความแน่นเนื้อ(Kg-mm) ที่ ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท 43
รูปที่ 30 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรม 48
รูปที่ 31 แสดงส่วนประกอบในตัวเลือก File 49
รูปที่ 32 แสดงส่วนประกอบของ Edit 49
รูปที่ 33 แสดงการกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับ Task 50
รูปที่ 34 แสดงการสร้างวงจรที่ใช้ในการทดลอง 51
รูปที่ 35 แสดงการกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับส่วนของ AI 51
รูปที่ 36 แสดงส่วนของ Display 52
รูปที่ 37 แสดงการกำหนดค่า ให้กับส่วนที่ใช้เก็บข้อมูล 52
รูปที่ 38 แสดงผลที่ได้จากการรับ เพื่อเก็บข้อมูล 53
รูปที่ 39 แสดงกราฟสัญญาณที่ได้จากการทดลอง 54
รูปที่ 40 แสดงการแปลงฟาสฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม 56
รูปที่ 41 แสดงมะม่วงอ่อนที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 58
รูปที่ 42 แสดงมะม่วงที่เริ่มแก่ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 58
รูปที่ 43 แสดงมะม่วงที่แก่ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 44 แสดงมะม่วงที่แก่จัดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1	59
รูปที่ 45 แสดงมะม่วงสุกที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1	60
รูปที่ 46 แสดงมะม่วงที่แก่จัดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 2	60
รูปที่ 47 แสดงลักษณะเนื้อภายในของมะม่วงจากรูปที่ 40	61
รูปที่ 48 แสดงมะม่วงแก่จัดที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 (บ่ม)	61
รูปที่ 49 แสดงเครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือน	62
รูปที่ 50 แสดงส่วนประกอบของ Terminal Board	62
รูปที่ 51 แสดงส่วนประกอบของ Amplifier	63
รูปที่ 52 แสดงการชั่งน้ำหนักของมะม่วงในอากาศ	63
รูปที่ 53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับอายุหลังวันดอกบาน	64
รูปที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับอายุหลังวันดอกบาน	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงการหาค่าความถ่วงจำเพาะและอายุ ที่ได้จากการเปรียบเทียบ	19-20
ตารางที่ 2	แสดงตัวอย่างการบันทึกค่าความถี่ของสัญญาณ	23
ตารางที่ 3	แสดงตัวอย่างการบันทึกค่าความถี่เฉลี่ยของสัญญาณ	24
ตารางที่ 4	แสดงการหาค่าความถ่วงจำเพาะและอายุ ที่ได้จากการเปรียบเทียบ	27
ตารางที่ 5	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับความถี่แต่ละลูก ที่ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท	28
ตารางที่ 6	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับความถี่แต่ละลูก ที่ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท	29
ตารางที่ 7	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับความถี่แต่ละลูก ที่ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท	30
ตารางที่ 8	แสดงค่าความถี่ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง โดยใช้มะม่วงลูกเดียวกัน (ลูกที่ 10) ความถี่เครื่องสั่น 25 เฮิร์ท	35
ตารางที่ 9	แสดงค่าความถี่ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง โดยใช้มะม่วงลูกเดียวกัน (ลูกที่ 10) ความถี่เครื่องสั่น 50 เฮิร์ท	36
ตารางที่ 10	แสดงค่าความถี่ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง โดยใช้มะม่วงลูกเดียวกัน (ลูกที่ 10) ความถี่เครื่องสั่น 100 เฮิร์ท	37
ตารางที่ 11	แสดงค่าต่างๆที่ทำการทดลองที่ 25 เฮิร์ท	38
ตารางที่ 12	แสดงค่าต่างๆที่ทำการทดลองที่ 50 เฮิร์ท	40
ตารางที่ 13	แสดงค่าต่างๆที่ทำการทดลองที่ 100 เฮิร์ท	42
ตารางที่ 14	ความหนาแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS ปริมาณกรดซิตริกของผลดิบและผลสุก total soluble solids acid ratio ของผลดิบและผลสุก และ heat unit ของผลม่วงน้ำดอกไม้ที่มีอายุต่างๆ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทย เป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรเป็นสินค้าหลักของประเทศ ซึ่งสินค้าทางการเกษตรทำรายได้สูงเข้าประเทศ สินค้าทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่ง คือ มะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งมีการส่งออกกันมากในปัจจุบัน การส่งออกสินค้าทางด้านการเกษตรนั้น ปัญหาหนึ่งของผู้ส่งออก คือ การควบคุมภาพสินค้าให้ได้ตามความต้องการของตลาดทั้งภายในและนอกประเทศประเทศ ดังนั้นการคัดคุณภาพของสินค้าจึงมีความสำคัญอย่างสูง โดยเฉพาะมะม่วงน้ำดอกไม้ซึ่งต้องเก็บในขณะที่มีความแก่(mature)แล้วจึงนำไปบ่มให้สุก ซึ่งจะได้รสชาติที่ดี ดังนั้นคุณภาพของมะม่วงจึงขึ้นอยู่กับความแก่ในขณะเก็บเกี่ยว เครื่องวัดระดับอายุมะม่วงจึงมีความจำเป็นในการนำมาใช้เพื่อควบคุมภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ คือ ค่าความถ่วงจำเพาะและหาคุณสมบัตินั้น
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลไม้เมื่อมีอายุต่างๆกัน
3. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้
4. เพื่อแบ่งแยกระดับความแก่ของมะม่วง
5. เพื่อศึกษาโปรแกรมวิเคราะห์ระดับการสั่นสะเทือน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอายุมะม่วงและสัญญาณ
2. สามารถนำความสัมพันธ์ที่หาได้ไปใช้ประโยชน์ในการคัดแยกมะม่วงที่มีอายุต่างกัน
3. เพื่อเป็นแนวทางในการค้นคว้าต่อไป

ขอบเขตในการทำงาน

ศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการบ่งบอกระดับความแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้และศึกษาการสั่นสะเทือน(Vibration)ซึ่งเป็นตัวกำเนิดสัญญาณ(source)และสร้างเครื่องกำเนิดสัญญาณ จากนั้นเขียนโปรแกรมรับข้อมูล เพื่อนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับอายุของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ใช้ในการทดลอง

หลักการและเหตุผล

1. มะม่วงที่มีอายุความสุกแก่หรือมีอายุการเก็บเกี่ยวต่างๆกันจะมีคุณสมบัติทางกายภาพหรือความแน่นเนื้อที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากเราสามารถทราบความแตกต่างของความแน่นเนื้อที่สัมพันธ์กับความสุกแก่หรืออายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความแน่นเนื้อของวัสดุเกษตรขึ้นอยู่กับค่าความยืดหยุ่น(Elasticity)ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวเมื่อมีการสั่นสะเทือน ดังนั้นจึงต้องสร้างอุปกรณ์ที่ให้แรงสั่นสะเทือนเพื่อให้เกิดคลื่นขึ้นที่ผิวมะม่วง
3. เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือนใช้หลักการการเหนี่ยวนำของวงจรแม่เหล็กโดยมีแกนเหล็กเป็นแกนกลาง เมื่อใส่กระแสไฟเข้าไปจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างขั้วของแม่เหล็ก ซึ่งเป็นแกนแม่เหล็กรูปตัว E ทำให้แกนเหล็กเกิดการเคลื่อนที่ระหว่างสองขั้ว ซึ่งความถี่ในการเคลื่อนที่ของแกนเหล็กจะแตกต่างกันตามความถี่ที่ให้เข้าไป
4. เปียโซอิเลคทริค แอคเซเลอรอมิเตอร์(Piezoelectric Accelerometer)เป็นตัวจับสัญญาณ(Sensor)ที่ใช้ในการรับสัญญาณคลื่นที่เกิดจากการสั่นมะม่วง โดยที่มะม่วงจะให้ค่าความจุออกมา
5. ตัวขยายสัญญาณ(Amplifier)เป็นตัวขยายสัญญาณที่ได้จาก เปียโซอิเลคทริค แอคเซเลอรอ-มิเตอร์ ซึ่งสัญญาณที่ได้มีขนาดเล็กไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ได้ โดยตัวขยายสัญญาณจะมีตัวปรับสัญญาณ(Gain)เอาไว้คอยปรับขนาดสัญญาณพร้อมทั้งสัญญาณที่ได้อยู่ในรูปความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ
6. การตรวจสอบความต่างศักย์(Voltage output)ทำได้โดยการใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณทางอนาลอก(Analog)ให้เป็นสัญญาณตรรกะ(Digital) คือ สัญญาณทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณเรียก Analog to Digital Converter เมื่อได้สัญญาณทางตรรกะแล้วจะสามารถนำสัญญาณนั้นไปวิเคราะห์โดยใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์(Microcomputer)ได้ โดยโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ คือ MathCad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การแพร่ของคลื่นบนพื้นผิว

เมื่อวัตถุถูกแรงกระทำจะเกิดคลื่นขึ้นที่พื้นผิวของวัตถุในลักษณะคล้ายการสะบัดเชือก เช่นเดียวกันกับเมื่อเราปาหินลงน้ำจะเกิดคลื่นขึ้นที่ผิวน้ำกระจายออกไปและความสูงของคลื่นจะค่อย ๆ ลดลงจนหายไปในที่สุด

ลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นความสูงหรือความถี่ของคลื่น ล้วนแล้วแต่มีปัจจัยได้จากหลายปัจจัยที่จะทำให้ลักษณะของคลื่นแตกต่างกัน ตัวอย่างปัจจัยที่จะทำให้ลักษณะของคลื่นแตกต่างกัน คือ ชนิด ความหนาแน่น ลักษณะพื้นผิว ความแข็งของพื้นผิวของวัตถุ ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของลักษณะคลื่นที่เกิดขึ้น

เราอาจจะสามารถยกตัวอย่างความแตกต่างของคลื่นที่เกิดจากวัตถุชนิดเดียวกันแต่ความหนาแน่นหรือความแข็งของวัตถุต่างกันได้ เช่น เมื่อเรานำไม้ที่มีความแข็งต่างกันมาเคาะด้วยแรงที่เท่ากันเสียงที่เกิดขึ้นจะดังแตกต่างกัน

เราสามารถทำการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ได้ **[5]**

เราจะกำหนดสภาพทางกลโดยใช้แรงดึง 2 แรง คือ Stress และ Stain โดยใช้ตัวประกอบ T_{jk} และ S_{jk} ตามลำดับ โดย Stain เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ เราสามารถเขียนสมการการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ u(r,t) ได้ดังนี

$$S_{jk} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_j}\right)$$

โดยที่ T_{jk} และ S_{jk} เป็นสมมาตร

เราสามารถเขียนสมการการเคลื่อนที่ของเคลื่อนได้ ดังนี้

$$C_{jklm}\partial_j\partial_l u_m + e_{ljk}\partial_j\partial_l V = \rho \ddot{u}_k$$
$$-\varepsilon_{lm}\partial_l\partial_m V + e_{ljk}\partial_j\partial_l u_k = 0$$

เมื่อ;

C_{jklm} = ค่าความยืดหยุ่น

$\partial_j\partial_l u_m = \dfrac{\partial^2 u_m}{\partial x_j \partial x_l}$

e_{ljk} = piezoelectric

T_{jk} = Stress

ρ = ความหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\ddot{u}_k = \frac{d^2 u_k}{dt^2}$$

$$\rho \ddot{u}_k = \partial_j T_{jk}$$

$$\partial_l \partial_m u_k = \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_l \partial x_j}$$

$$\partial_l \partial_m V = \frac{\partial^2 V}{\partial x_l \partial x_m}$$

$$\partial_j \partial_l V = \frac{\partial^2 V}{\partial x_j \partial x_l}$$

ε_{lm} = dielectric

โดยที่ค่าความยืดหยุ่น piezoelectric และ dielectric เป็นค่าคงที่และเป็นดัชนีที่มีความสมมาตรแน่นอน

$$C_{jklm} = C_{kjlm} = C_{jkml} = C_{lmjk}$$

$$e_{ljk} = e_{lkj}$$

$$\varepsilon_{lm} = \varepsilon_{ml}$$

เราสามารถนำหลักการที่กล่าวมาแล้วนั้น มาประยุกต์ใช้ได้โดยเมื่อเรานำมะม่วงที่มีอายุต่างกัน ผลจากการที่มะม่วงมีอายุต่างกันจะทำให้ความแข็งที่ผิวมะม่วงต่างกัน เมื่อมีแรงมากระทำที่ผิวมะม่วงจะเกิดคลื่นขึ้นที่ผิวมะม่วง ลักษณะของคลื่นที่เกิดขึ้นก็จะมีความแตกต่างกันทำให้สามารถแบ่งแยกมะม่วงที่มีอายุต่างกันได้

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะม่วง[1]

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้เขตร้อน มีปลูกส่วนใหญ่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในประเทศไทยได้รับความนิยมปลูก ลักษณะของผิวมะม่วงน้ำดอกไม้จะมีผิวเรียบ เนื้อภายในจะแข็งเหนียวเป็นเส้นใย ห่อหุ้มเมล็ดอยู่ เมื่ออ่อนจะมีสีเขียวแต่เมื่อสุกจะเริ่มกลายเป็นสีเหลือง มะม่วงน้ำดอกไม้จะติดผลระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และจะเริ่มทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม

มะม่วงโดยทั่วไปจะมีระยะการหายใจหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 4 ระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. พรีไคลแมกเทอริค(preclimacteric) ระยะนี้เกิดในช่วง 3 วันหลังเก็บเกี่ยวผล ผิวผลมีสีเขียว เนื้อผลแน่นแข็งและมีอัตราการหายใจต่ำ
2. ไคลแมกเทอริคไรส์(climacteric rise) เกิดในช่วง 3 – 6 วันหลังการเก็บเกี่ยว ผลมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ความแน่นของเนื้อและสีผิวของมะม่วงไม่เปลี่ยนแปลง
3. ไคลแมคเทอริค พีค(climacteric peak) เกิดในช่วง 9 วันหลังเก็บเกี่ยว ผลมีอัตราการหายใจสูงสุด ผิวผลเริ่มเปลี่ยนสี เนื้อผลเริ่มอ่อนตัวและมีกลิ่นหอม
4. ระยะสุกงอม(senescence) เกิดใน 10 วันหลังการเก็บเกี่ยว ผลมะม่วงจะสุกงอม เนื้อและผิวเปลี่ยนสีทั้งผล

2.2.1 ลักษณะของมะม่วงที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน

ความถ่วงจำเพาะ(specific gravity) ผลมะม่วงที่มีอายุน้อยมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า 1 เนื่องจากมีการเพิ่มขนาดของผลมากกว่าการเพิ่มน้ำหนักผล แต่เมื่อผลเริ่มแก่ อัตราการเพิ่มขนาดลดลงพร้อมกับมีการสะสมสารต่างๆ ในผลมากขึ้นน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาตร และความถ่วงจำเพาะมีค่ามากกว่า 1

สีผิว(peel color) มะม่วงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวต่างกันจะมีการเปลี่ยนแปลงสีผิว ลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน เช่น มะม่วงที่มีอายุน้อยจะมีสีเขียว ผิวไม่นวล การเจริญเติบโตของไหล่ผลยังไม่เต็มที่ ส่วนมะม่วงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแก่จะมีสีเขียวแก่ ด้านหัวจะมีสีออกเหลือง ผิวเนียน การเจริญเติบโตของไหล่ผลเต็มที่ เป็นต้น

ความแน่นเนื้อ มะม่วงที่มีอายุน้อยจะมีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อน้อย แต่ถ้าเมื่อมะม่วงแก่และสุก จะมีการเปลี่ยนแปลงมาก กล่าวคือ ความแน่นเนื้อจะมีค่าลดลงเมื่อมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมะม่วงสุกจะมีความแน่นเนื้อน้อยมาก เมื่อเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวที่ต่ำๆ

2.3 อุปกรณ์รับสัญญาณและขยายสัญญาณความถี่

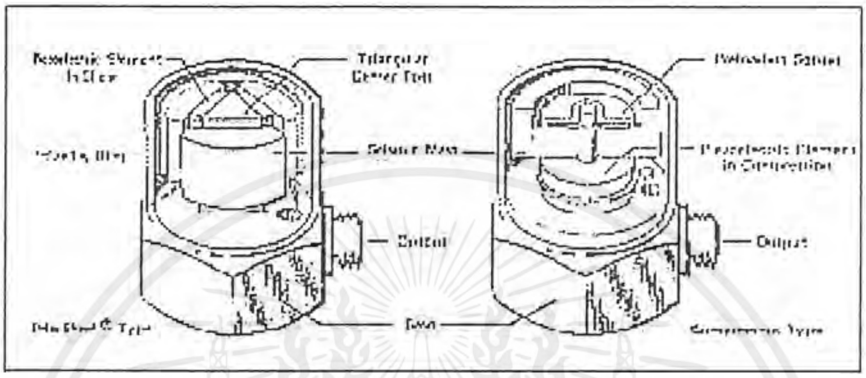
2.3.1 เปียโซอิเลคทริค แอคเซเลอรอมิเตอร์(Piezoelectric Accelerometer)

เปียโซอิเลคทริค แอคเซเลอรอมิเตอร์ เป็นชนิดหนึ่งของตัวทรานส์ดิวเซอร์(Transducer) ซึ่งตัวเปียโซอิเลคทริค แอคเซเลอรอมิเตอร์ จะเป็นตัวจับสัญญาณแปลงสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดคลื่นบนพื้นผิวของวัตถุนั้นๆ ซึ่งค่าที่ออกมาจากตัวเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์จะอยู่ในรูปค่าความต่างศักย์หรืออาจจะอยู่ในรูปของตัวเก็บประจุ สำหรับในการทดลองครั้งนี้จะได้ค่าตัวเก็บประจุออกมา

การใช้เปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์เราจะใช้กับความถี่ไม่เกิน 180 เฮิร์ท(Hz) เพราะค่าที่ได้จะมีความผิดพลาดของข้อมูลจะไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการทดลองไม่ควรสูงมากกว่า 50 องศาเซลเซียส เพราะถ้ามากกว่านี้จะทำให้ความสามารถของตัวเปียโซอิเลคทริค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

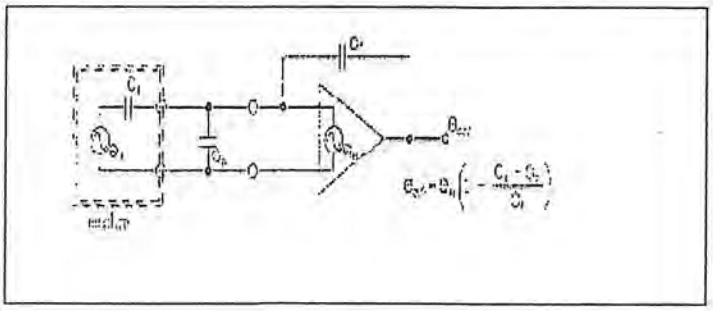
แอคเซเลอรอมิเตอร์ มีค่าลดลง นอกจากนั้นและจะต้องมีการยึดให้ตัวเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์อยู่กับที่และแรงกดหัวเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์จะต้องทั่วกันหรือใกล้เคียงกันให้มากที่สุดเพราะจะทำให้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด



รูปที่ 1 แสดงตัวเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์

2.3.2 เครื่องขยายสัญญาณ(Amplifier)

เครื่องขยายสัญญาณนี้จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณเพื่อให้เราสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ง่ายยิ่งขึ้น เครื่องขยายสัญญาณที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จะมีคุณสมบัติเฉพาะสำหรับเครื่องเปียโซอิ-เลคทริค แอคเซเลอรอมิเตอร์ กล่าวคือจะขยายสัญญาณที่เป็นค่าความจุที่ได้จากตัวเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์ให้อยู่ในรูปของค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ โดยในเครื่องขยายสัญญาณจะมีตัวปรับสัญญาณเอาไว้คอยปรับการขยายสัญญาณให้มีความเด่นชัดของสัญญาณจริงออกมา และยังมีตัวกรอง(filter)ที่ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวน(noise)ออกไปเพื่อให้เราได้สัญญาณที่จริงออกมาได้เด่นชัดยิ่งขึ้น



รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานของตัวขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การหาค่าความถ่วงเพาะของมะม่วง [3]

เมื่อความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงขึ้นด้วย ดังนั้นเราจึงต้องระบุอุณหภูมิที่ใช้ด้วยแต่มีผลน้อยมาก

สามารถทำได้โดยวิธีการแทนที่ของเหลว

2.4.1 หลักของการแทนที่ของเหลว

เมื่อมะม่วงแทรกตัวลงไปในของเหลวให้ระบบมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาตรของมะม่วง นอกจากนี้อาจใช้วิธีชั่งน้ำหนักของมะม่วงในของเหลว ดังนั้น การแทนที่ของเหลวจึงเป็นวิธีการง่ายๆในการหาปริมาตรของมะม่วง

น้ำหนักของมะม่วงที่ชั่งในของเหลวคือ น้ำหนักของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยมะม่วง

ฉะนั้น ปริมาตรของมะม่วง (V_s) คำนวณได้จาก

$$V_s = m_L / \rho_L$$

เมื่อ m_L = มวลของเหลวที่ถูกแทนที่ (ค่าที่อ่านได้ลบด้วยน้ำหนักภาชนะ)

ρ_L = ความหนาแน่นของของเหลว

เมื่อได้ปริมาตรของมะม่วงแล้วนำมาคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ ได้จาก

$$SG_S = \frac{m_S}{\rho_L V_S} SG_L$$

เมื่อ m_s = มวลของมะม่วงเมื่อชั่งในอากาศ

SG_L= ความถ่วงจำเพาะของของเหลว ($SG_{\text{น้ำ}} = 1$)

ซึ่ง $V_s = m_L / \rho_L$

ρ_L = ความหนาแน่นของของเหลว ($\rho_{\text{น้ำ}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$)

ดังนั้น

$$SG_S = \frac{m_S}{m_L} SG_L$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบเครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือน
และการเชื่อมต่ออุปกรณ์

3.1 การออกแบบเครื่องต้นแบบในการกำเนิดการสั่นสะเทือน

ในการวัดคุณสมบัติเพื่อให้ได้สัญญาณออกมานั้นอุปกรณ์ที่จะใช้เป็นตัวกำเนิดสัญญาณถือว่ามีความสำคัญอย่างมาก เพราะว่าถ้าเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นมาแล้ว จะทำให้สัญญาณที่ได้ออกมาเกิดความผิดพลาดตามไปด้วยและสัญญาณที่ได้ก็ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ นอกจากนี้ ความเหมาะสมในการเลือกใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณก็ถือว่ามีความสำคัญมากเช่นกัน ดังนั้น จำเป็นจะต้องเลือกโดยใช้คุณสมบัติคุณสมบัติของวัสดุที่ต้องการศึกษาเป็นสำคัญ

เนื่องจากในการทำโครงงานครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อจะหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุของมะม่วงน้ำดอกไม้กับสัญญาณความถี่ ดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ จึงต้องอยู่บนพื้นฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของมะม่วงที่ว่า มะม่วงที่มีอายุต่างกัน จะมีความแน่นเนื้อต่างกันด้วย ซึ่งทำให้เกิดการสะท้อนแรงที่ให้เข้าไปต่างกันด้วย เป็นผลให้ได้สัญญาณที่แตกต่างกัน

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ระบบการสั่นสะเทือน เป็นต้นกำเนิดของสัญญาณ เมื่อให้แรงสั่นสะเทือนเข้าไปในมะม่วง จะทำให้เกิดคลื่นแผ่กระจายบนผิวมะม่วง แล้วกระจายไปจนถึงเนื้อใน หลังจากนั้นก็จะสะท้อนแรงและความเร็วของคลื่นกลับออกมา ตามความถี่ธรรมชาติของมะม่วงแต่ละลูก(Natural Frequency)ทำให้ได้ผลลัพธ์แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความสามารถในการแยกอายุ (ความแก่)ของมะม่วงได้

3.2 การออกแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

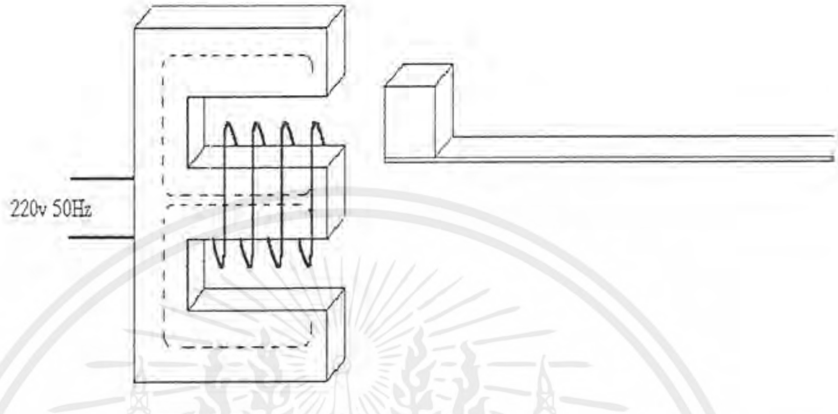
1. อุปกรณ์วัดค่าและการเชื่อมต่อกับระบบควบคุม

เนื่องจากข้อมูลที่ทำการตรวจสอบ ได้มาจากการวัดด้วยอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิกส์ ดังนั้นจึงมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง คือ

1.1 <u>เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือน</u> มีลักษณะเป็นหัวยางสัมผัสที่ผิวมะม่วง ทำงานด้วยวงจรแม่เหล็กเหนี่ยวนำ โดยมีแกนแม่เหล็กรูปตัวอี (E) เป็นแกนเหนี่ยวนำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้ามาจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก(Flux)เดินทางเป็นวงจรภายในแกนแม่เหล็ก ทำใหเกิดขั้วทีแตกต่างกันระหว่างขาทั้งสองข้างของแกนแม่เหล็กรูปตัวอี นอกจากนี้ก็จะมีคานที่ตอนปลายติดกับแผ่นยางเพื่อใช้สัมผัสกับมะม่วง ป้องกันไม่ให้มะม่วงช้ำในขณะที่สัมผัส ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะมีแม่เหล็กถาวรอยู่ 1 ขั้ว อาจเป็นขั้วเหนือหรือใต้ก็ได้ เมื่อเกิดการทำงานของวงจรแม่เหล็กและจากทฤษฎีที่ว่า ขั้วแม่เหล็กต่างกันจะผลักกัน [4] ดังนั้นจึงทำให้แกนเหล็กเกิดการเคลื่อนที่ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

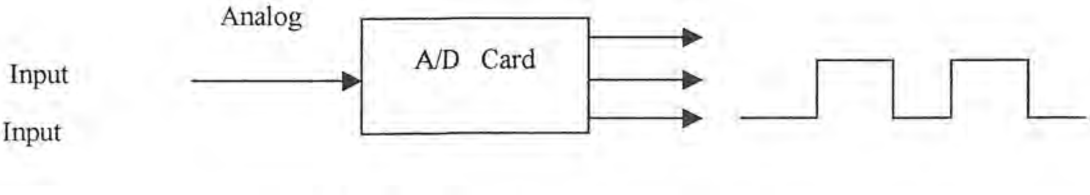
ความถี่ที่ให้ในการทดลอง โดยใช้สามความถี่ คือ 25, 50 และ100 เฮิร์ท สัญญาณที่ได้จากการทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแก่มะม่วง จะเข้าสู่วงจรรับและขยายสัญญาณต่อไป



รูปที่ 3 แสดงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำของวงจรแม่เหล็ก

1.2 <u>วงจรรับและขยายสัญญาณ</u> ทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำมากไม่สามารถนำไปใช้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีการขยายสัญญาณ โดยใช้วงจรขยายสัญญาณ(Amplifier)ซึ่งสัญญาณที่ผ่านการขยายสัญญาณแล้วนั้นจะมีขนาดโตขึ้นแต่ยังคงมีค่าแรงดันไฟฟ้าคงเดิม ซึ่งวงจรและอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งาน ต้องมีความสามารถในการขยายความถี่ที่ต้องการใช้งาน(Bandwidth)ในช่วงที่ต้องการได้และแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ผ่านวงจรขยายสัญญาณ แล้วต้องเท่ากับสัญญาณที่ได้จากการสั่นสะเทือน

1.3 <u>วงจรแปลงสัญญาณ</u> ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณทางไฟฟ้า แบบอนาลอก(Analog) ให้เป็นสัญญาณทางตรรกะ(Digital)ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ปรับปรุงและตัดสินใจโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ได้ วงจรที่ใช้เป็นวงจรสำเร็จรูปที่เรียกว่า Analog to Digital card ซึ่งสามารถใช้เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้สะดวกด้วย



รูปที่ 4 แสดงการทำงานของ A / D Card

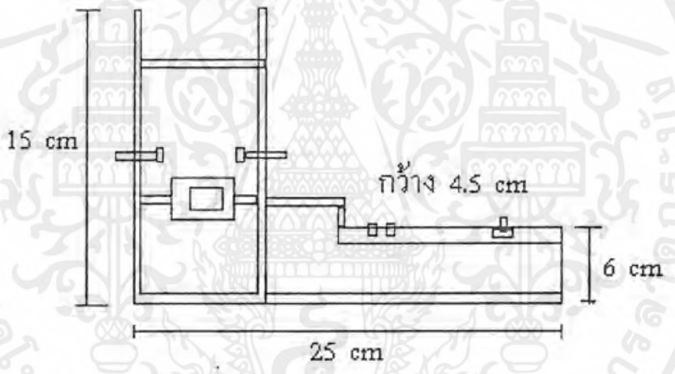
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 <u>**โปรแกรมควบคุมการทำงาน**</u> ทำหน้าที่ในการสร้างวงจรทางอิเลคทรอนิคส์ เหมือนกันกับอุปกรณ์ที่ใช้จริงและเป็นโปรแกรมที่ควบคุมการเก็บข้อมูลทำได้จากการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2. ส่วนของโปรแกรมประมวลผล โปรแกรมในส่วนนี้ คือ MathCad ทำหน้าที่ในการนำข้อมูลที่บันทึกไว้จากการทดลองมาประมวลผล ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์แล้วให้ข้อมูลออกมาในรูปของกราฟความถี่ ซึ่งจะนำกราฟนั้นไปใช้ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของสัญญาณต่อไป

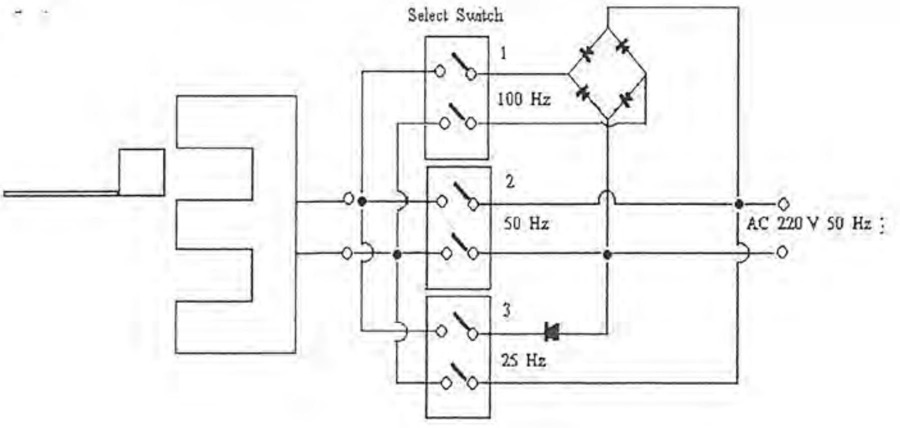
3.3 การออกแบบเครื่อง

1. เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือน ทำงานด้วยวงจรแม่เหล็กด้วยแรงดันไฟฟ้า 220 V ความถี่ 25, 50 และ100 เฮิร์ท

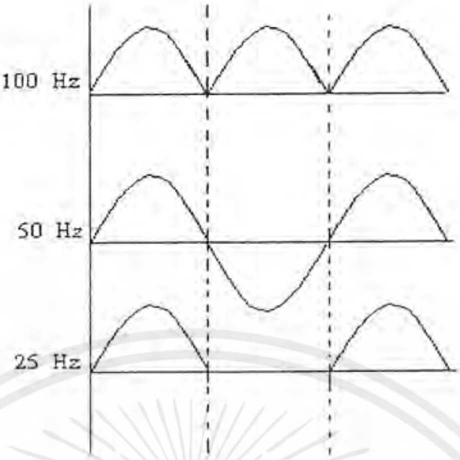


รูปที่ 5 แสดงการออกแบบเครื่อง

2. วงจรไฟฟ้าที่ใช้แปลงความถี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้แปลงความถี่

3. วงจรที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณ ซึ่งเป็นวงจรสำเร็จรูป เรียก PLC 818 HG เป็นวงจรสำเร็จรูปที่รวมเอาวงจรที่ต้องการใช้ไว้ในตัวเดียวกัน คือ

3.1 ส่วนเชื่อมต่อตรง (Interface)กับเครื่องคอมพิวเตอร์(PC)

3.2 วงจรขยายสัญญาณ(Amplifier) สามารถขยายสัญญาณเพิ่มขึ้นโดยที่ค่าแรงดันไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง

3.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณตรรกะ(Analog to Digital Converter) จำนวน 16 ช่องสัญญาณเข้าโดยมีค่าสูงสุดที่แปลงเป็น 12 Bit ความถี่สูงสุดที่รับได้ คือ 100 MHz แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ได้ คือ $\pm$ 0.005 V - $\pm$10 V (Bipolar) หรือ 0 V – 10 V (Unipolar)

3.4 วงจรแปลงสัญญาณตรรกะเป็นอนาลอก(Digital to Analog Converter) สามารถควบคุมได้เหมือนกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นดิจิตอล

3.5 วงจรรับสัญญาณตรรกะเข้าและออก(Digital Input and Digital Output) จำนวน 16 ช่องสัญญาณ

PCLD 8115 เป็นวงจรเชื่อมต่อกับวงจร PLC 818 HG โดยจะรับสัญญาณจากภายนอกต่อให้กับ PLC 818 HG เพราะว่า PLC 818 HG ไม่สามารถรับสัญญาณจากภายนอกได้โดยตรง

3.4 การทำงานของระบบ

เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือนได้รับไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) 220 V ความถี่เปลี่ยนได้สามค่า คือ 25, 50 และ100 เฮิร์ท ตามลำดับ เมื่อแรงสั่นสะเทือนไปสัมผัสที่ผิวของมะม่วงด้วยความถี่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระยะเวลาหนึ่งจะทำให้เกิดคลื่นแผ่กระจายไปบนผิวมะม่วงและเนื้อมะม่วงด้วยความถี่และแอมพลิจูดคงที่ตามความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณที่ให้ไปโดยจะมีหัวเปียโซอิเลคตริก แอคเซเลอรอมิเตอร์ เป็นตัวจับสัญญาณคลื่นบนผิวของมะม่วง แล้วสัญญาณที่ได้ถูกส่งไปขยายสัญญาณโดยผ่านแอมพลิไฟเออร์ เพื่อให้สัญญาณมีขนาดใหญ่ขึ้นแต่ค่าแรงดันทางไฟฟ้าของสัญญาณยังคงเท่าเดิม จากนั้นสัญญาณก็จะถูกส่งผ่าน PCLD 8115 เข้าไปยัง A/D Card ที่ติดอยู่ข้างใน ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณทางตรรกะเนื่องจากไมโครคอมพิวเตอร์ไม่สามารถรับสัญญาณอนาลอกไปใช้ได้ ดังนั้นเพื่อที่จะได้สามารถวิเคราะห์สัญญาณโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ได้ จึงต้องมีการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณทางตรรกะเสียก่อน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และการเก็บข้อมูล

ตอนที่ 1 การหาความถ่วงจำเพาะของมะม่วงน้ำดอกไม้

วัตถุประสงค์การทดลอง

สามารถหาความถ่วงจำเพาะของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้

อุปกรณ์การทดลอง

1. มะม่วงน้ำดอกไม้
2. น้ำกลั่น
3. บีกเกอร์ขนาด 1000 ml
4. เครื่องชั่งดิจิตอล(ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)
5. ผ้าสะอาดสำหรับเช็ดมะม่วง

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำมะม่วงล้างให้สะอาดเช็ดพอแห้ง
2. นำมะม่วงไปชั่งน้ำหนักในอากาศ บันทึกผล
3. นำน้ำใส่บีกเกอร์ประมาณ 700 ml แล้วนำไปวางบนเครื่องชั่งทำการ Set Zero
4. นำมะม่วงที่ชั่งน้ำหนักในอากาศแล้ว ใส่ในบีกเกอร์ในข้อ 3. แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
5. ทำซ้ำกับลูกอื่น ๆ จนครบทุกลูก
6. นำมะม่วงที่ทดลองแล้วไปบ่มเป็นระยะเวลา 2 วัน
7. นำมะม่วงที่บ่มแล้วมาทำการทดลองตามขั้นตอนเหมือนเดิมจนกว่าจะสุก
8. นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์

ตอนที่ 2 ทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือน

แบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วนคือ

2.1 การทดลองกับมะม่วงโดยไม่ต้องบ่ม

2.2 ทดลองกับมะม่วงแล้วนำไปบ่มแล้วทดลองไปเรื่อยๆจนกว่าจะสุก

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อหาสัญญาณที่ได้จากมะม่วงที่นำมาทำการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

1. มะม่วงน้ำดอกไม้
2. คอมพิวเตอร์ รุ่น Pentium III ที่มีความเร็วตั้งแต่ 350 MHz
3. เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือน(รูปที่ 49)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. A/D card
5. Terminal Board (รูปที่ 50)
6. Piezoelectric Accelerometer (รูปที่ 1)
7. Amplifier (รูปที่ 51)

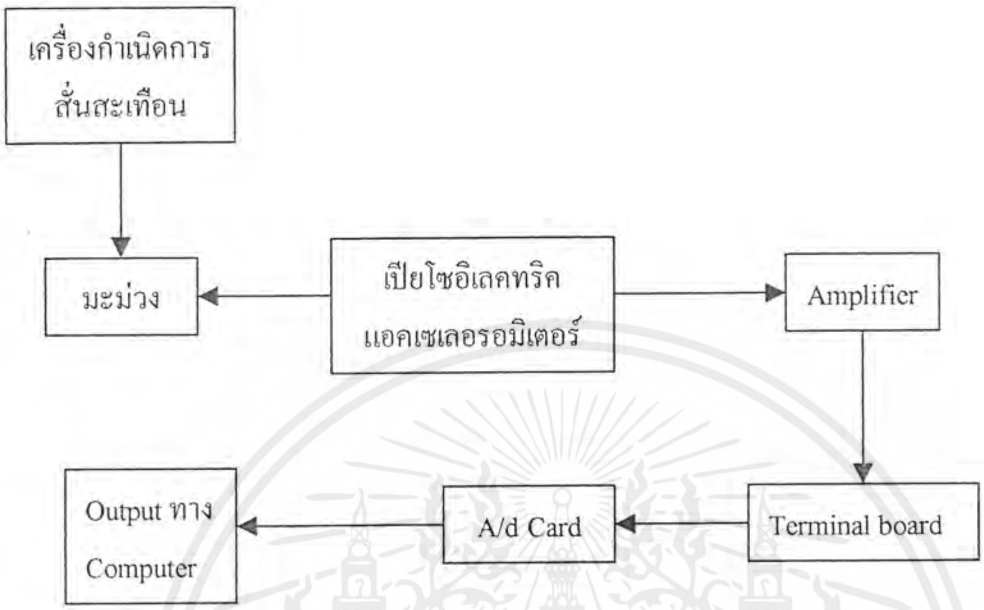
ขั้นตอนการทดลองตอนที่ 2.1

1. ต่ออุปกรณ์ให้เป็นดังรูป (รูปที่ 7)
2. เปิดโปรแกรมรับสัญญาณการสั่นสะเทือน
3. นำมะม่วงจากการทดลองตอนที่ 1 วางไว้บนเครื่องกำเนิดสัญญาณการสั่นสะเทือน ปรับความถี่ไปที่ 25 เฮิร์ท
4. ทำการ เพื่อเก็บข้อมูลเป็นเวลา 5 วินาที
5. นำ มาวิเคราะห์โดยใช้ Fast Fourier transform (fft) ในโปรแกรม MatchCad
6. บันทึกข้อมูลที่ได้เก็บไว้
7. ทำการทดลองซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 3-6 อีก 2 ครั้ง
8. เปลี่ยนความถี่เป็น 50 เฮิร์ท และ 100 เฮิร์ท แล้วทำการทดลองเหมือนเดิมจนครบทุกลูก
9. นำผลการทดลองที่ได้ ไปทำการวิเคราะห์สัญญาณ

ขั้นตอนการทดลองตอนที่ 2.2

1. ต่ออุปกรณ์ให้เป็นดังรูป (รูปที่ 7)
2. เปิดโปรแกรมรันสัญญาณการสั่นสะเทือน
3. นำมะม่วงจากการทดลองตอนที่ 1 วางบนเครื่องกำเนิดสัญญาณการสั่นสะเทือนปรับความถี่ไปที่ 25 เฮิร์ท
4. ทำการ รันโปรแกรม เพื่อเก็บข้อมูลเป็นเวลา 5 วินาที
5. นำมาวิเคราะห์โดยใช้ สมการ ฟาส ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม ในโปรแกรม MathCad
6. บันทึกข้อมูลที่ได้เก็บไว้
7. ทำการทดลองซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 3-6 อีกสองครั้ง
8. เปลี่ยนความถี่เป็น 50 เฮิร์ท และ 100 เฮิร์ท แล้วทำการทดลองเหมือนเดิมจนครบทุกลูก
9. นำผลการทดลองที่ได้ไปทำการวิเคราะห์สัญญาณ
10. นำมะม่วงที่ทดลองแล้วไปบ่มเป็นเวลาสองวันแล้วนำมาทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนที่ 1 ถึง 9
11. นำมะม่วงไปบ่มเป็นเวลาสองวันแล้วนำมาทดลองซ้ำจนกว่ามะม่วงจะสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

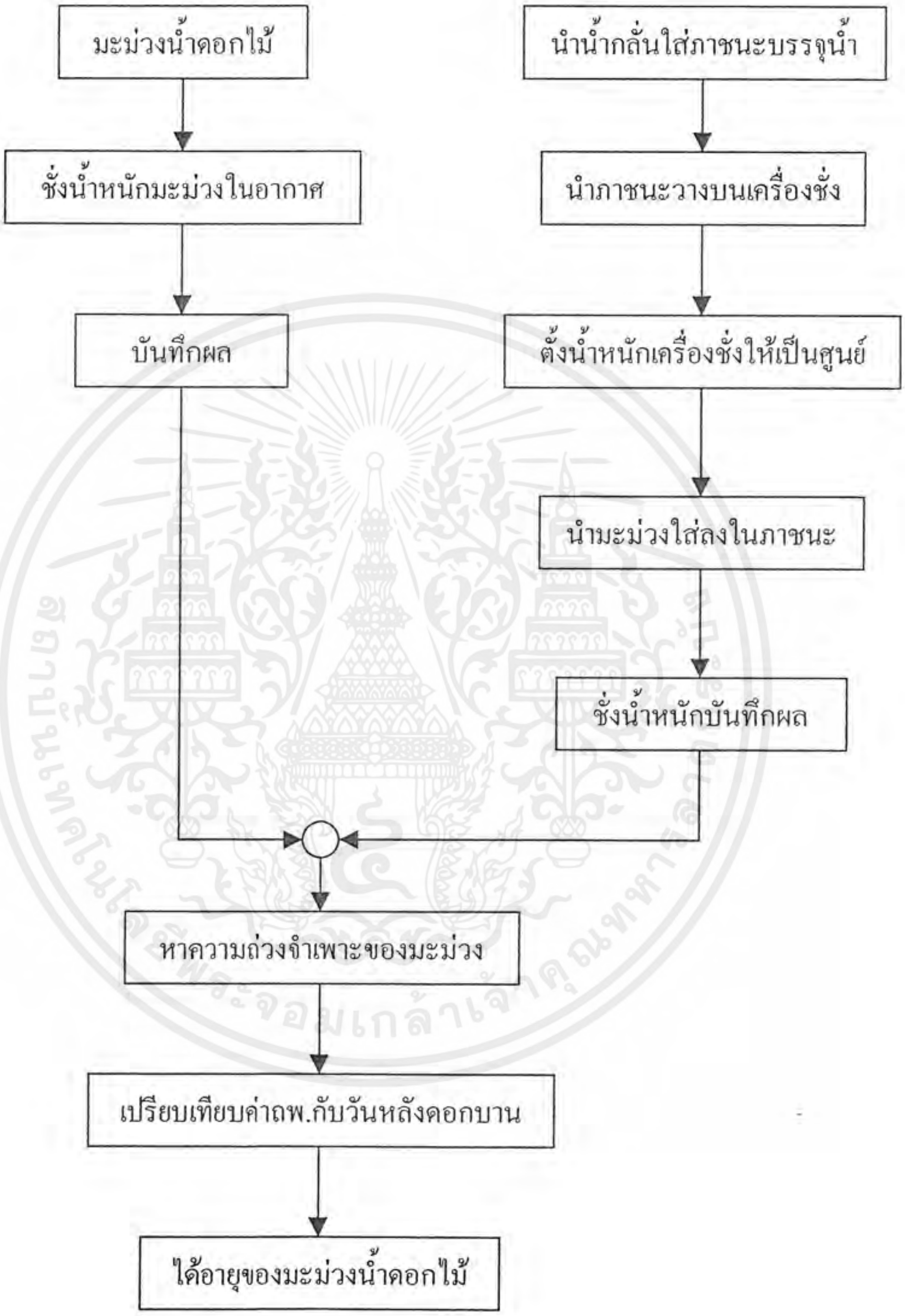


รูปที่ 7 แสดงการต่อวงจรการทำงานของการทดลองโดยการสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> หาค่าความถ่วงจำเพาะของมะม่วงน้ำดอกไม้

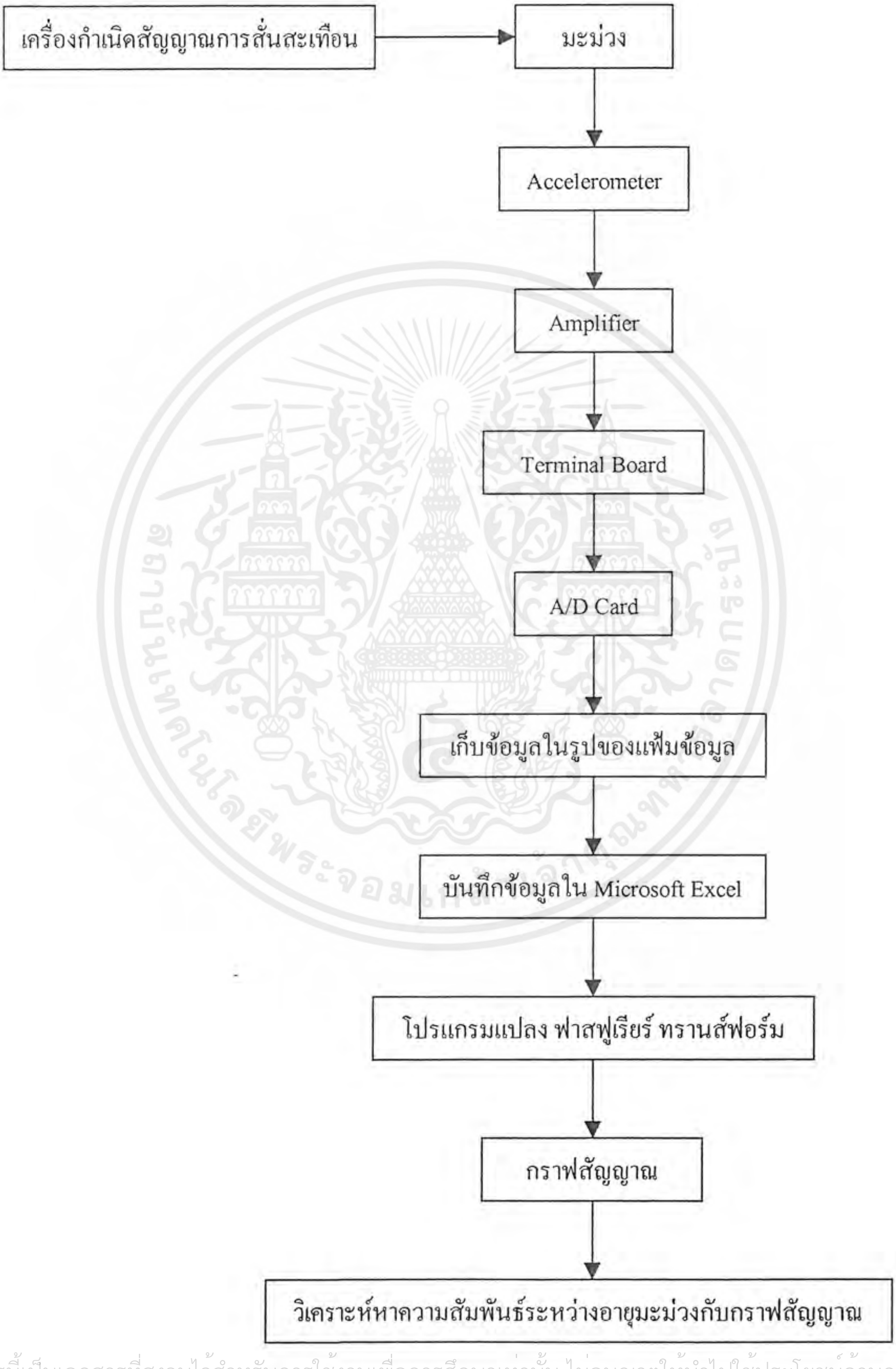


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

<u>ตอนที่ 2</u> การทดลองโดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณการสั่นสะเทือน

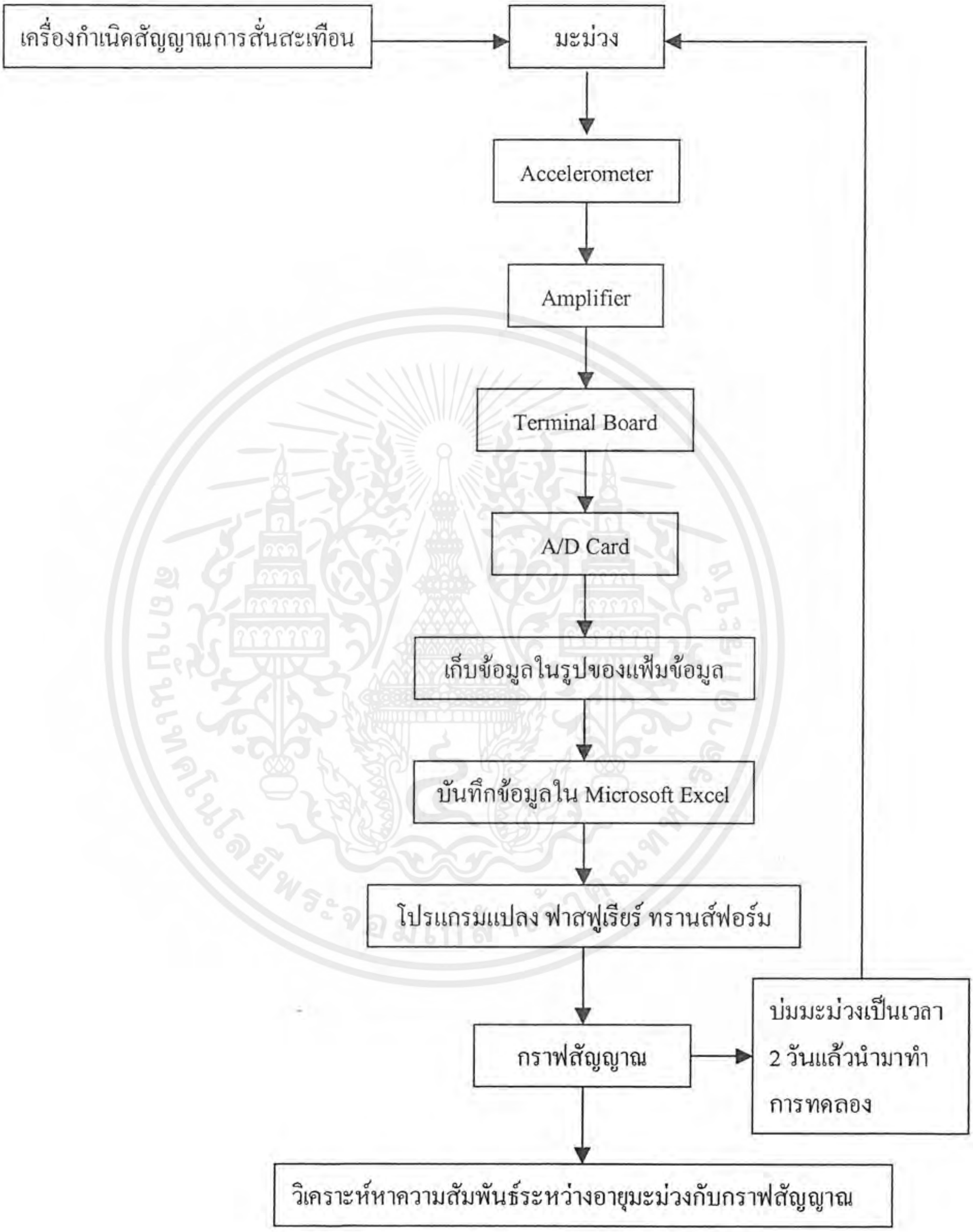
2.1 ทดลองกับมะม่วงโดยไม่บ่มมะม่วง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36724

2.2 ทดลองกับมะม่วง โดยบ่มแล้วทดลองไปเรื่อยๆจนกว่าจะสุก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ทำการทดลองสามครั้งดังนี้ คือ

1. มะม่วงทุกขนาดคละกันไป
2. นำมะม่วงที่แก่จัดมาทำการทดลอง
3. มะม่วงที่ทำการทดลองตอนแก่ แล้วนำไปบ่มเป็นเวลาสองวัน แล้วทำการทดลองซ้ำอีกครั้งทำจนกว่ามะม่วงจะสุก

หลังจากทำการทดลองตามขั้นตอนการทดลองทั้งสองขั้นตอน คือ การหาความถ่วงจำเพาะและการหาสัญญาณความถี่จากการสั่นสะเทือนแล้วได้ผลการทดลองดังนี้ คือ

<u>**ครั้งที่ 1**</u> ทดลองกับมะม่วงทุกอายุคละกัน

ในการทดลองครั้งนี้ นำมะม่วงที่มีอายุต่างๆกันมาทำการทดลอง สามารถหาค่าความถ่วงจำเพาะและอายุของมะม่วงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการหาค่าความถ่วงจำเพาะและอายุที่ได้จากการเปรียบเทียบ

ลูกที่	น้ำหนักมะม่วงในอากาศ (g)	น้ำหนักมะม่วงชั่งในน้ำ (g)	ความถ่วงจำเพาะ	อายุที่ได้จากการเปรียบเทียบ (วัน)
1	187.36 187.36 187.37	192.24 192.29 192.29	0.97	40
2	162.58 162.58 162.58	160.80 160.78 160.78	1.01	80
3	250.32 250.32 250.32	253.68 253.68 253.68	0.99	73
4	238.80 238.80 237.99	236.58 236.57 236.54	1.00	77
5	289.64 289.63 289.64	284.42 284.40 284.40	1.02	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

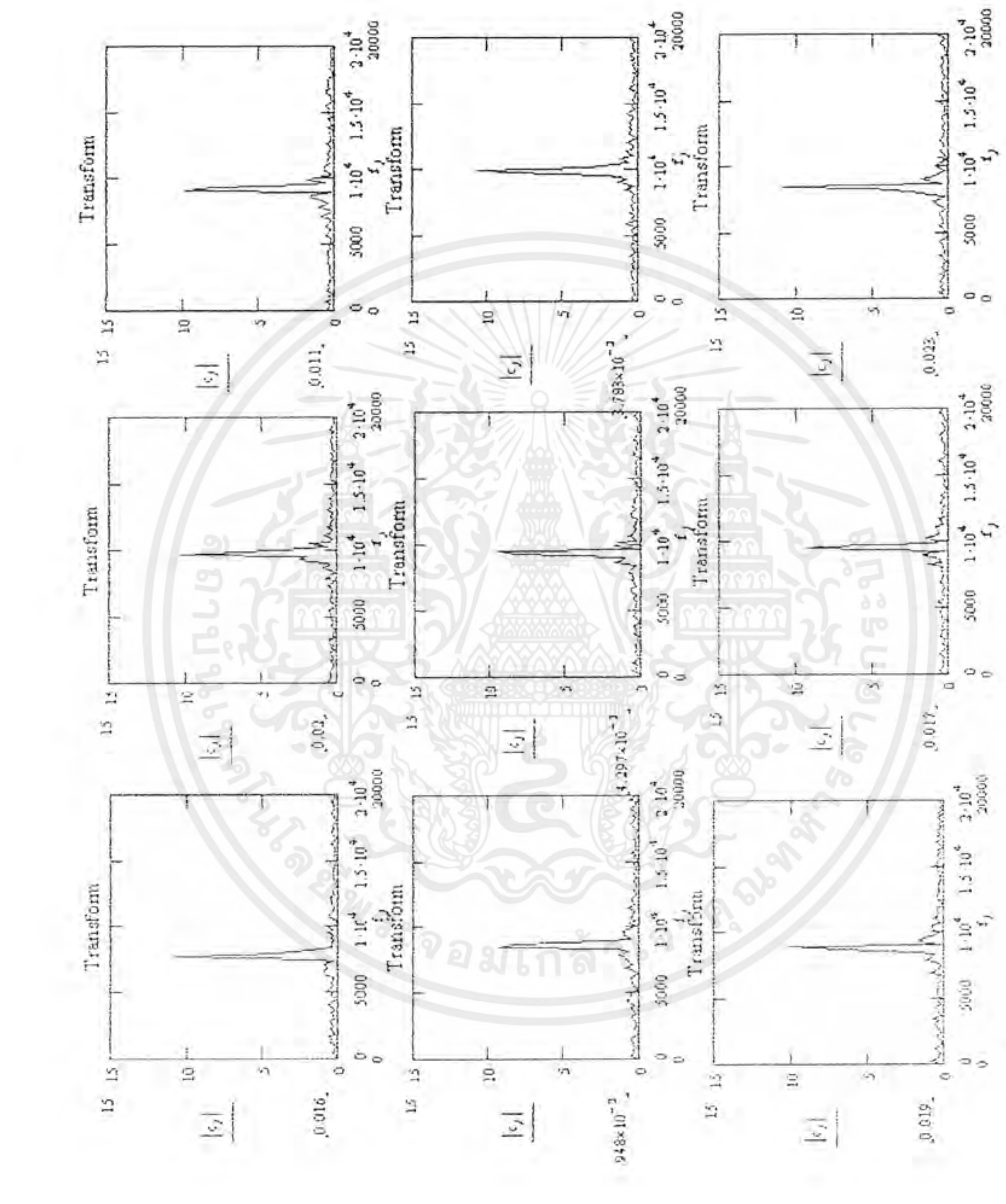
ลูกที่	น้ำหนักมะม่วงในอากาศ (g)	น้ำหนักมะม่วงชั่งในน้ำ (g)	ความถ่วงจำเพาะ	อายุที่ได้จากการเปรียบเทียบ (วัน)
6	304.46 304.46 304.47	305.14 305.35 305.36	1.00	77
7	237.79 237.79 237.79	315.15 315.28 315.33	1.04	98
8	313.70 313.70 313.71	307.55 307.49 307.58	1.01	80
9	290.07 290.07 290.08	285.85 285.88 285.87	1.01	80
10	235.75 235.56 235.96	237.18 237.17 237.16	0.99	73
11	282.03 282.02 282.02	269.15 269.12 269.23	1.05	98
12	273.93 273.93 273.93	269.51 269.39 269.31	1.02	87
13	292.73 292.74 292.74	287.03 287.28 287.12	1.01	80
14	268.93 268.92 268.92	265.35 265.60 265.45	1.03	91

หมายเหตุ ลูกที่ 11, 12, 13 และ14 คือ ลูกที่สุกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำมะม่วงทุกลูกไปทำการทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือนแล้วหาความถี่เฉลี่ย โดยใช้ความถี่ป้อนเข้า 25, 50 และ 100 เฮิร์ท จะได้กราฟสัญญาณความถี่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



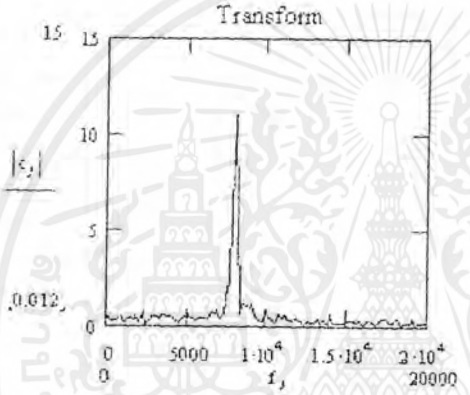
รูปที่ 8 แสดงสัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาสัญญาณความถี่เฉลี่ย

เมื่อเราทำการสั่นมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 25, 50 และ100 เฮิร์ท ซึ่งแต่ละความถี่ทดลองลูกละ 3 ครั้งและทำการบันทึกผล จากนั้นเราเอาข้อมูลที่ได้มาเปิดในเอ็กเซล(Excel)แล้วทำการบันทึกใหม่ให้ในสกุลของเอ็กเซล(*.xls)เพื่อให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์หาความถี่ในโปรแกรม MathCadได้

จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์ในโปรแกรม MathCad โดยใช้สมการฟาสฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม (Fast Fourier Transform) ซึ่งสมการดังกล่าวนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เราบันทึกในเอ็กเซลให้อยู่ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอมปลิจูด(แกนY)กับค่าความถี่ (แกน X) ดังรูป



รูปที่ 9 สัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลอง

เมื่อเราได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอมปลิจูดกับความถี่แล้ว จากนั้นจะต้องทำการหาค่าความถี่ของสัญญาณของแต่ละข้อมูล โดยการพิจารณาตำแหน่งของค่าแอมปลิจูดสูงสุดว่าอยู่ตรงกับตำแหน่งใดของแกนความถี่ โดยการลากเส้นขนานกับแกนแอมปลิจูดไปตัดกับแกนความถี่แล้วอ่านค่าความถี่ในตำแหน่งจุดตัดนั้น ก็จะได้ค่าความถี่ของแต่ละข้อมูล แล้วทำการบันทึกผล จากนั้นทำซ้ำจนครบทุกครั้งและทุกความถี่ ดังนี้ตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างการบันทึกความถี่ของสัญญาณ

ลูกที่	การทดลองครั้งที่	ความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ		
		25 เฮิร์ท	50 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท
6	1	11500	11600	9500
	2	10300	11500	12500
	3	10500	11600	12500

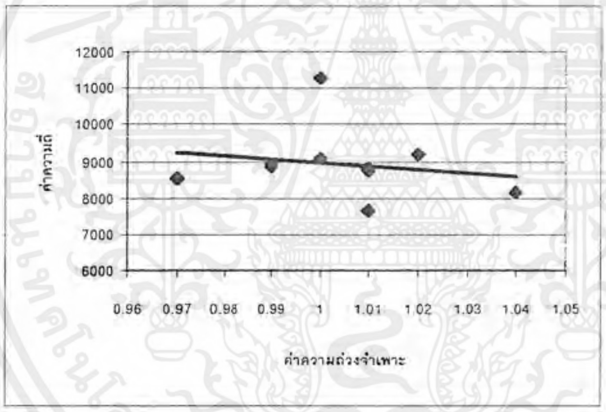
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่าความถี่ของแต่ละข้อมูลหมดแล้ว จากนั้นก็หาค่าเฉลี่ยความถี่ของสัญญาณแล้ว บันทึกดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างการบันทึกค่าความถี่เฉลี่ยของสัญญาณ

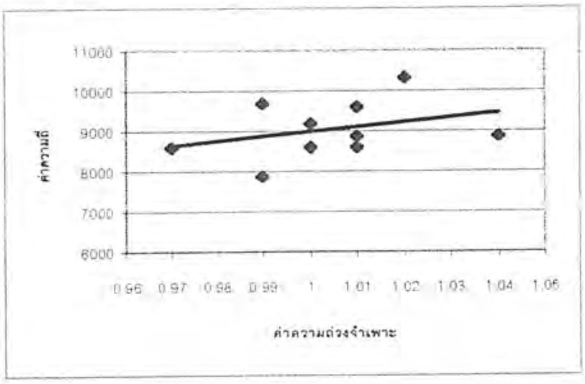
ลูกที่	ความถี่เฉลี่ยของสัญญาณ		
	25 เฮิร์ท	50 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท
6	10766.67	11566.67	11500

หลังจากที่ได้ค่าความถี่เฉลี่ยและความถ่วงจำเพาะของแต่ละลูกแล้ว นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะ ได้ดังนี้

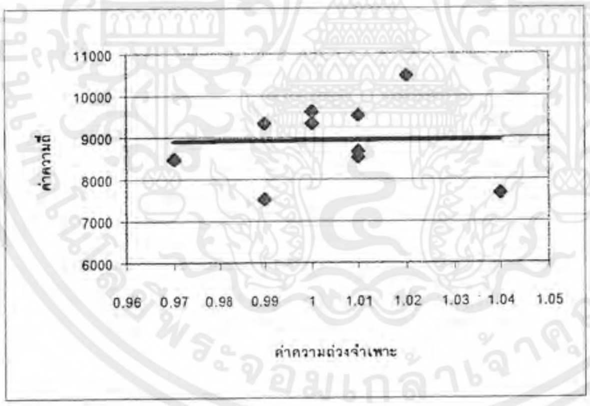


รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



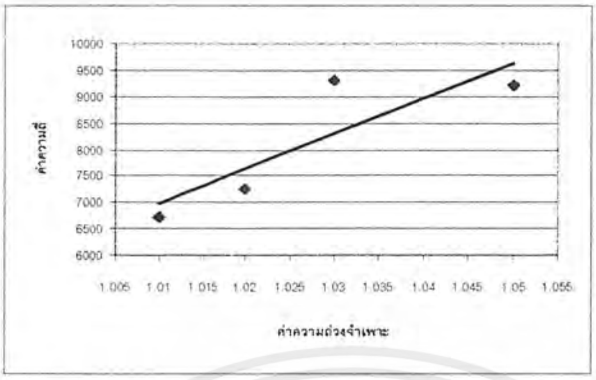
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท



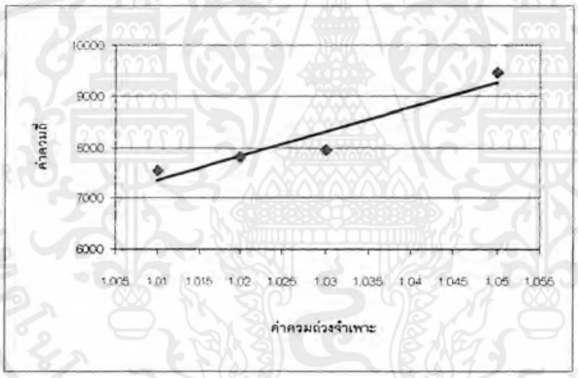
รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเขียนกราฟแยกเฉพาะลูกที่สุกออกมา

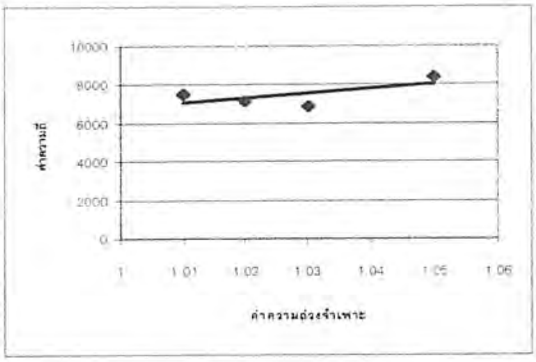


รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย (ลูกสุก) ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท



รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย (ลูกสุก) ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย (ลูกสุก) ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท

<u>ครั้งที่2</u> นำมะม่วงแก่จัดมาทำการทดลอง

จะได้ความถ่วงจำเพาะและอายุของมะม่วงเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟความถ่วงจำเพาะดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงการหาค่าความถ่วงจำเพาะและอายุที่ได้จากการเปรียบเทียบ

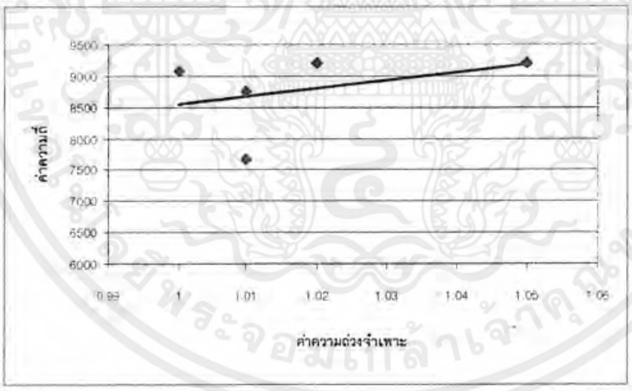
ลูกที่	น้ำหนักมะม่วงในอากาศ (g)	น้ำหนักมะม่วงชั่งในน้ำ (g)	ความถ่วงจำเพาะ	อายุที่ได้จากการเปรียบเทียบ (วัน)
1	250.32 250.32 250.32	253.68 253.68 253.68	1.00	77
2	290.07 290.07 290.07	285.85 285.88 285.87	1.02	80
3	313.70 313.70 313.71	307.55 307.49 307.58	1.01	80
4	289.64 289.63 289.64	284.42 284.40 284.40	1.02	87
5	327.79 327.79 327.79	315.15 315.28 315.33	1.04	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำมะม่วงที่ทดลองหาความถ่วงจำเพาะแล้วนำไปทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือนเพื่อหาสัญญาณที่ได้(ความถี่)จากการทดลอง โดยใช้ความถี่ที่เครื่องสั่น 25 เฮิร์ท, 50 เฮิร์ท, 100 เฮิร์ท แล้วหาค่าความถี่เฉลี่ยเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อนำความถี่เฉลี่ยที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับสัญญาณความถี่ แต่ละความถี่ที่ป้อนเข้า

ตารางที่ 5 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับความถี่เฉลี่ยแต่ละลูกที่ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท

ค่าความถ่วงจำเพาะ	ค่าความถี่เฉลี่ย
1.00	9070.333
1.01	9214.333
1.01	7666.667
1.02	8745.333
1.04	9200

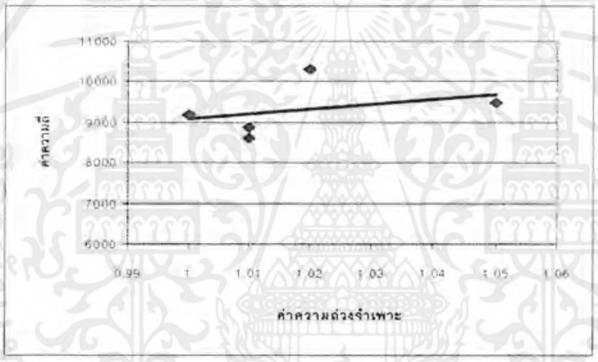


รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับความถี่เฉลี่ยแต่ละลูกที่ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท

ค่าความถ่วงจำเพาะ	ค่าความถี่เฉลี่ย
1.00	9200
1.01	10336.67
1.01	8866.667
1.02	8612
1.04	9466.667

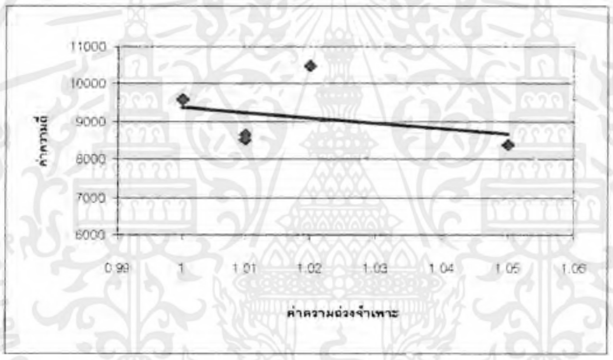


รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับความถี่เฉลี่ยแต่ละลูกที่ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท

ค่าความถ่วงจำเพาะ	ค่าความถี่เฉลี่ย
1.00	9603.333
1.01	10467.67
1.01	8666.667
1.02	8533.333
1.04	8400



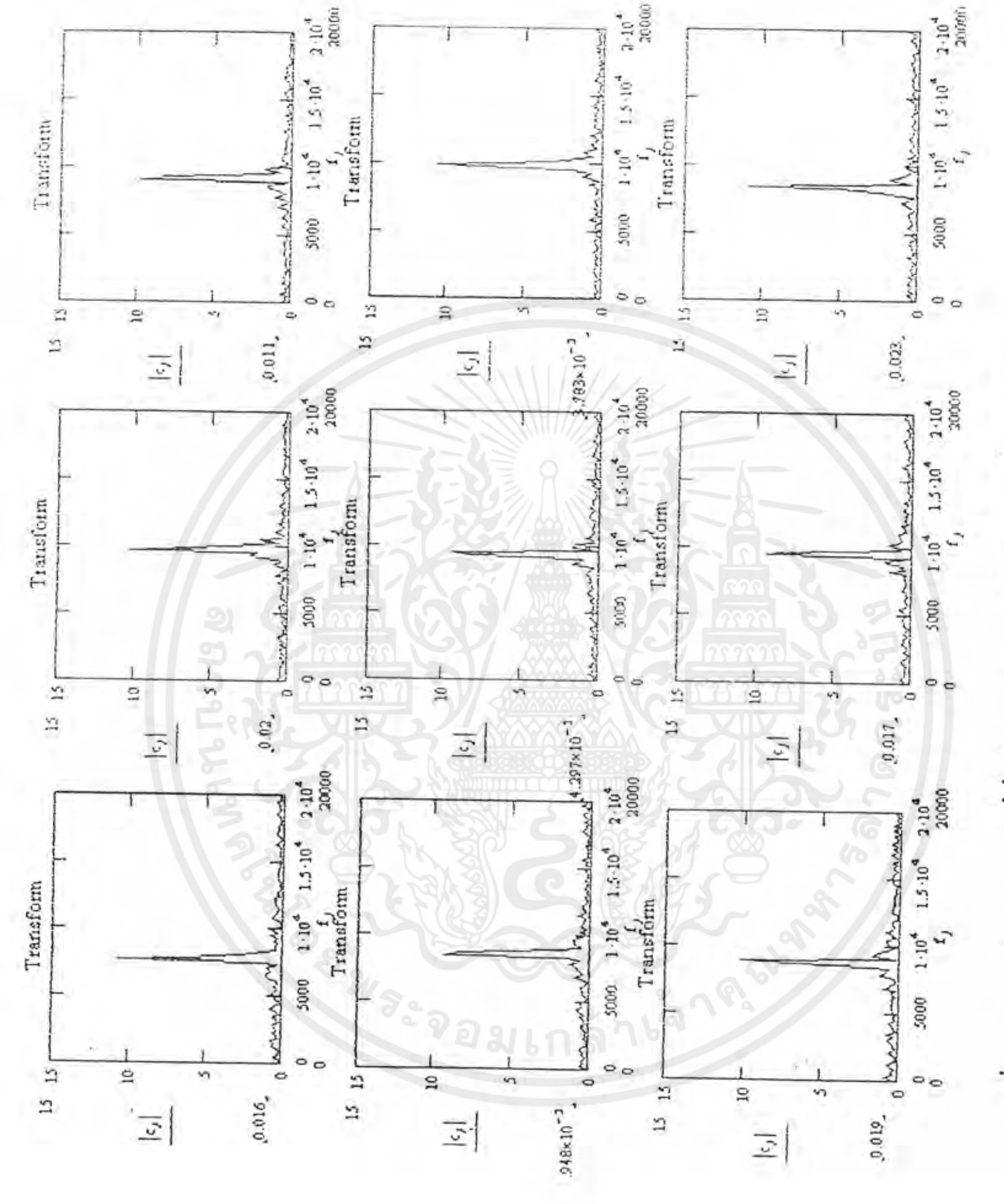
รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับค่าความถี่เฉลี่ย ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ครั้งที่ 3</u> มะม่วงที่แก่และพร้อมจะบ่มทำการทดลองหาสัญญาณการสั่นสะเทือนแล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 2 วัน แล้วทำการทดลองซ้ำขั้นตอนเดิมจนกระทั่งมะม่วงที่บ่มนั้นสุก

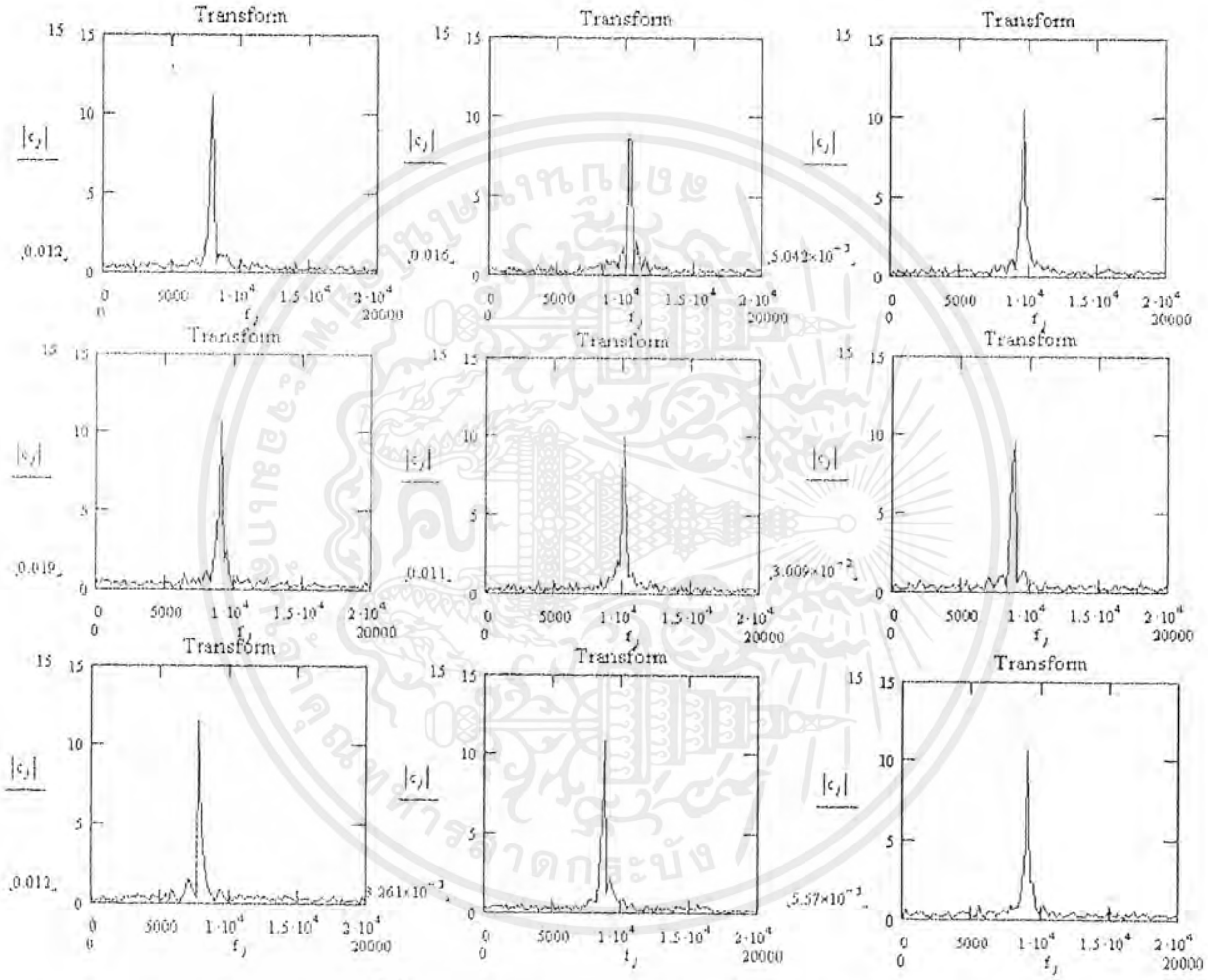
<u>ครั้งที่ 3.1</u> จากการทำการทดลองมะม่วงที่แก่แล้วนำมาหาสัญญาณที่ได้จากการสั่นสะเทือนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 แสดงสัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 แสดงสัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือนเมื่อนำมะม่วงบ่ม 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมะม่วงไปบ่มเป็นเวลา 2 วัน ทำการทดลองซ้ำแล้วหากราฟที่ได้จากการทดลองจะพบว่า ในการทดลองครั้งที่ 3 มะม่วงจะเริ่มสุก ทำการทดลองใหม่ในครั้งที่ 4 มะม่วงจะสุกจนสามารถรับประทานได้

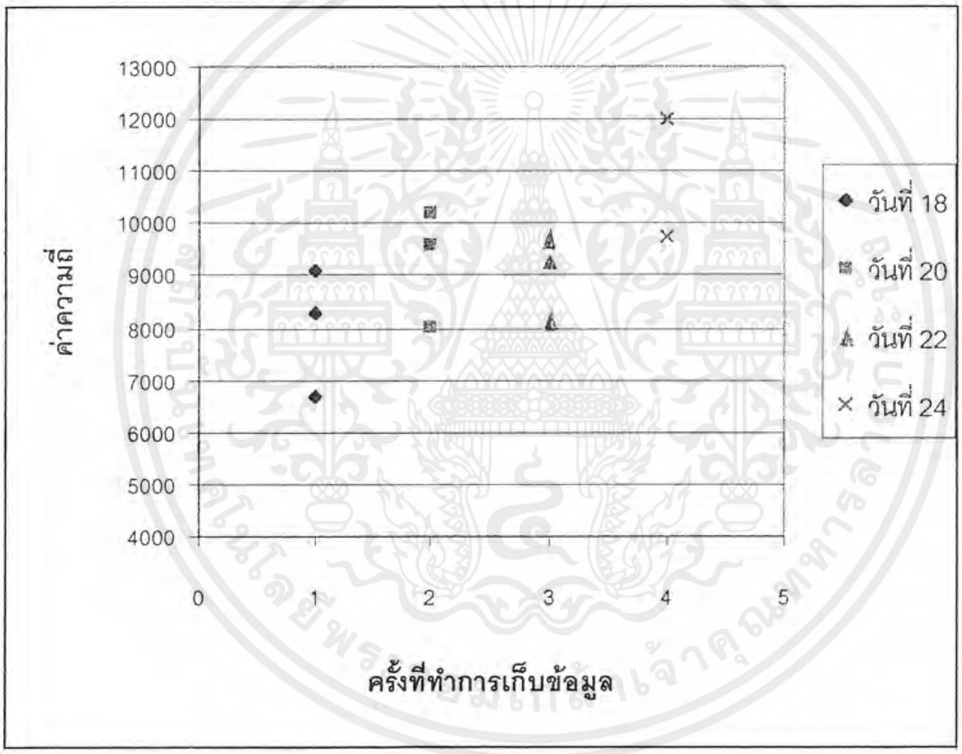
จากนั้นก็นำสัญญาณความถี่ที่ได้ในแต่ละลูกนำไปเขียนกราฟ โดยแบ่งเป็นความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท, 50 เฮิร์ท และ 100 เฮิร์ท

จากการทดลองครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 จะได้ ค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงค่าความถี่ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง โดยใช้มะม่วงลูกเดียวกัน (ลูกที่ 10) ความถี่เครื่องสั่น 25 เฮิร์ท

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
6700	8003	8100	9750
8300	10200	9700	12000
9100	9600	9300	12000

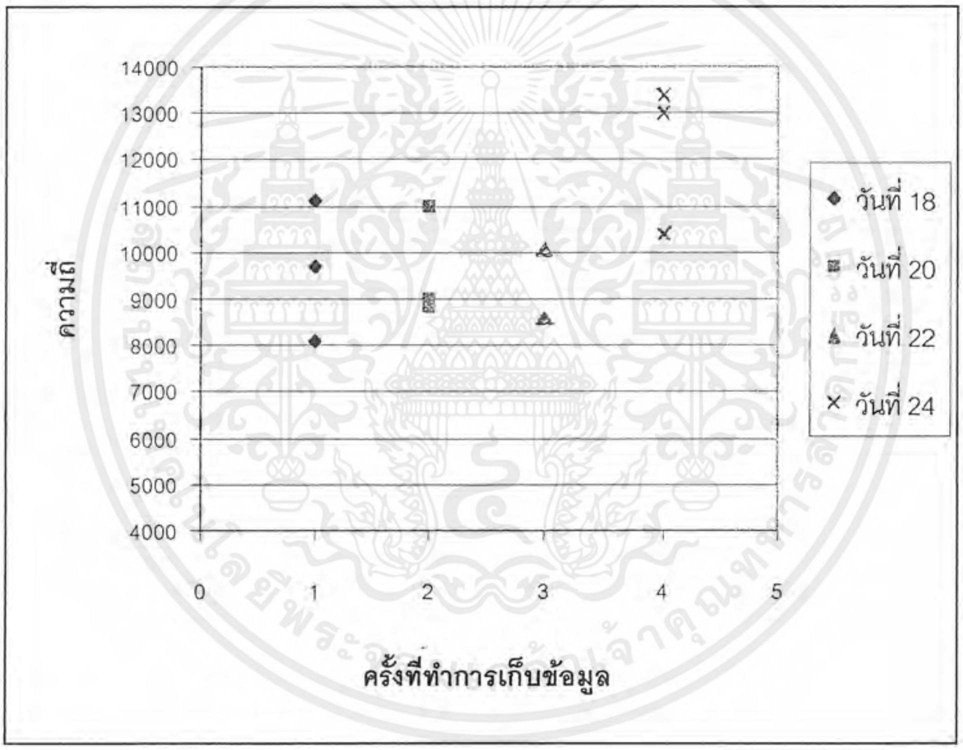


รูปที่ 21 กราฟเปรียบเทียบค่าความถี่ที่เก็บข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าความถี่ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง โดยใช้มะม่วงลูกเดียวกัน (ลูกที่ 10) ความถี่เครื่องสั่น 50 เฮิร์ท

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
8100	9012	10100	10400
9700	11000	8600	13000
11100	8810	8600	13400

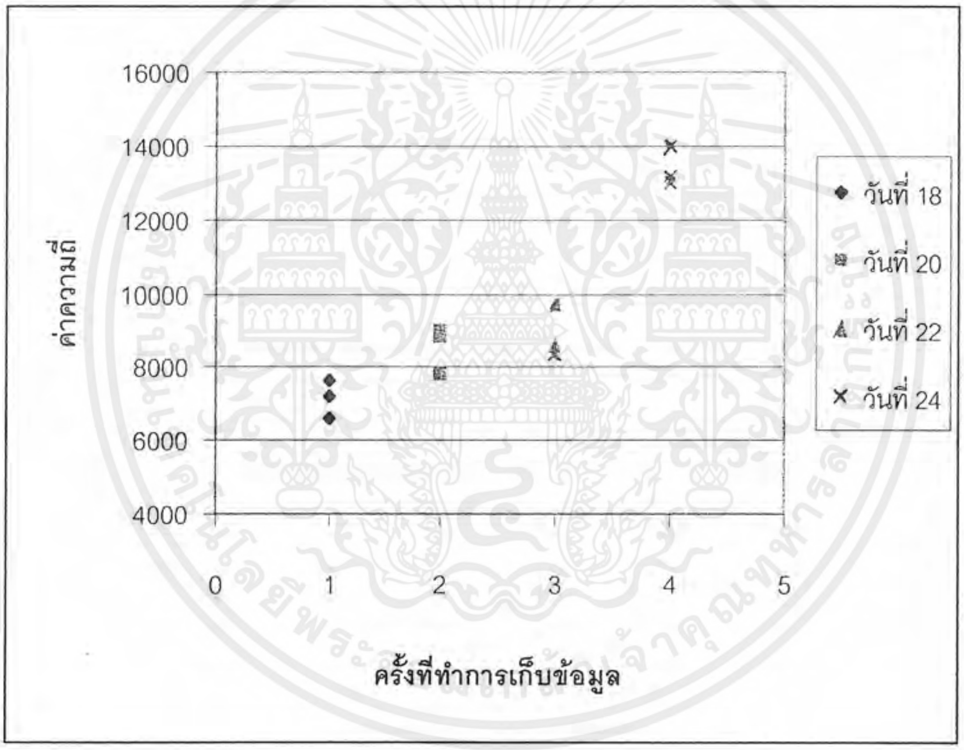


รูปที่ 22 กราฟเปรียบเทียบค่าความถี่ที่เก็บข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าความถี่ที่ได้จากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง โดยใช้มะม่วงลูกเดียวกัน (ลูกที่ 10) ความถี่เครื่องสั่น 100 เฮิร์ท

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
6600	7825	9700	14000
7200	8825	8400	13200
7650	9012	8600	13000



รูปที่ 23 กราฟเปรียบเทียบค่าความถี่ที่เก็บข้อมูลได้

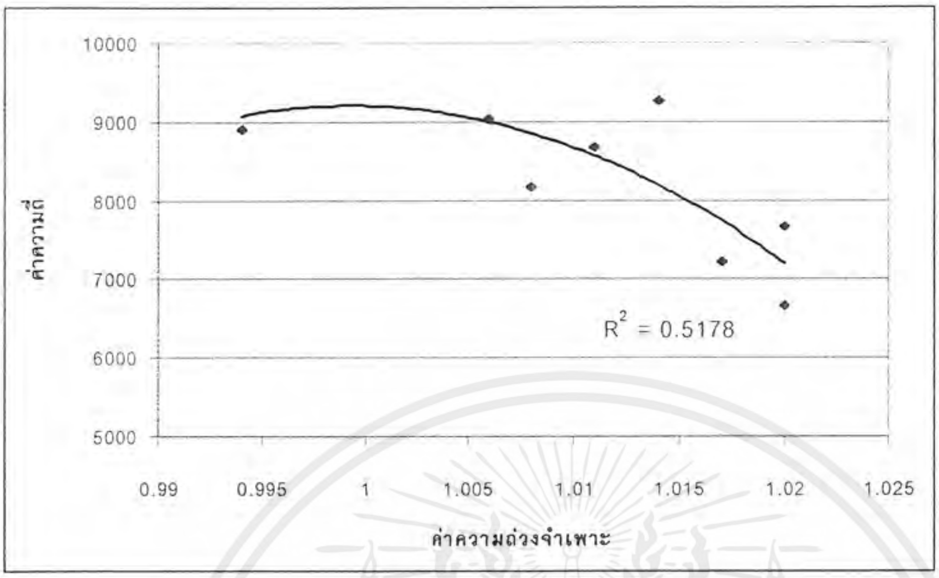
แล้วทำเช่นเดียวกันนี้กับทุกลูกที่นำมาทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

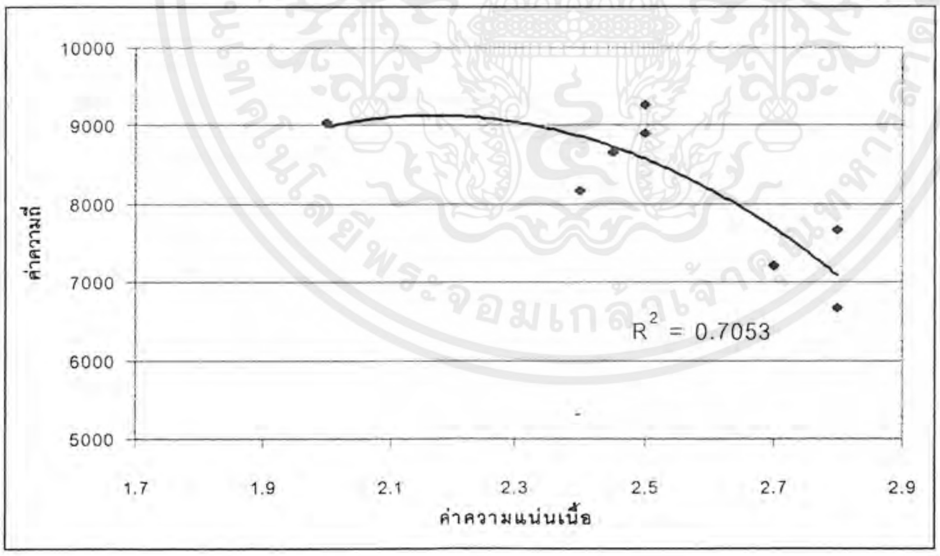
ตารางที่ 11 แสดงค่าต่างๆที่ทำการทดลองที่ความถี่ 25 เฮิร์ท

ลูกที่	ครั้งที่	ความถี่	ความถี่เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า ถพ.	ค่าความแน่นเนื้อ
1	1 2 3	7500 9500 9000	8666.667	1040.833	1.011	2.45
2	1 2 3	9500 9000 8600	9033.333	450.925	1.006	2
3	1 2 3	8000 8500 8000	8166.667	288.6751	1.008	2.4
4	1 2 3	6600 8200 8200	7666.667	923.7604	1.02	2.8
5	1 2 3	8300 8500 9900	8900	871.7798	0.994	2.5
6	1 2 3	7400 7000 7250	7216.667	202.0726	1.017	2.7
7	1 2 3	9000 9400 9400	9266.667	230.9401	1.014	2.5
8	1 2 3	6500 6500 7000	6666.667	288.6751	1.02	2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะที่ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท



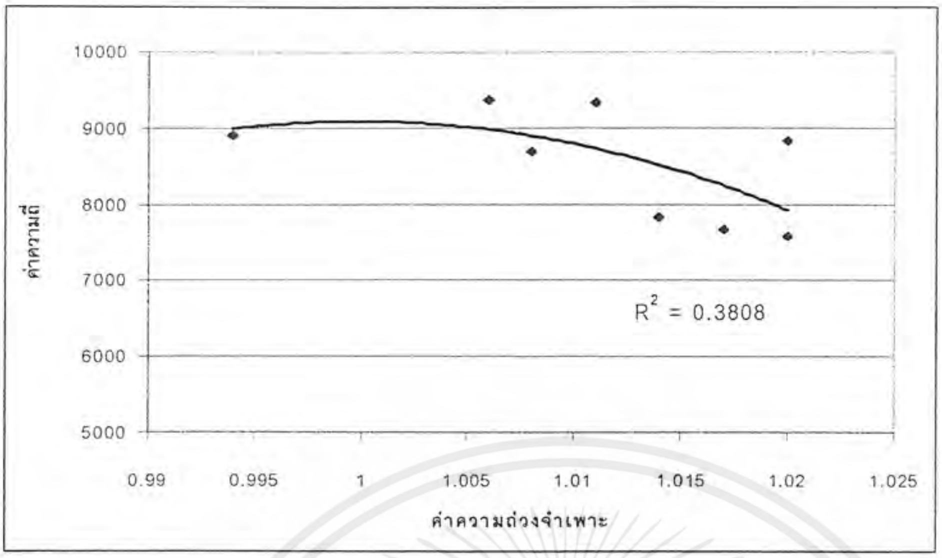
รูปที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความแน่นเนื้อ(Kg - mm)ที่ความถี่ป้อนเข้า 25 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

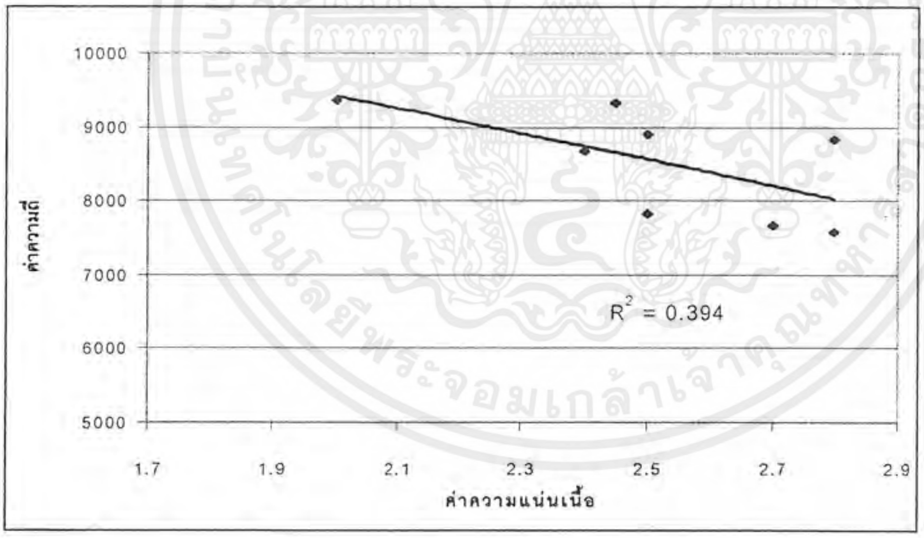
ตารางที่ 12 แสดงค่าต่างๆที่ทำการทดลองที่ความถี่ 50 เฮิร์ท

ลูกที่	ครั้งที่	ความถี่	ความถี่เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า ถพ.	ค่าความแน่นเนื้อ
1	1 2 3	8000 9000 11000	9333.333	1527.525	1.011	2.45
2	1 2 3	9000 9000 10100	9366.667	635.0853	1.006	2
3	1 2 3	8450 9000 8600	8683.333	284.312	1.008	2.4
4	1 2 3	7500 9500 9500	8833.333	1154.701	1.02	2.8
5	1 2 3	8300 8500 9900	8900	871.7798	0.994	2.5
6	1 2 3	8000 7000 8000	7666.667	577.3503	1.017	2.7
7	1 2 3	9000 6500 8000	7833.333	1258.306	1.014	2.5
8	1 2 3	7250 8000 7500	7583.333	381.8813	1.02	2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะที่ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท



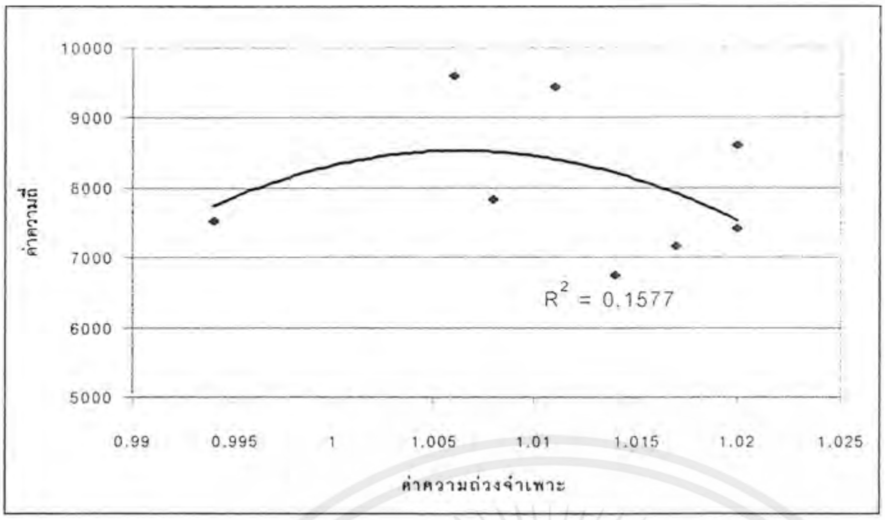
รูปที่ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความแน่นเนื้อ(Kg - mm)ที่ความถี่ป้อนเข้า 50 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

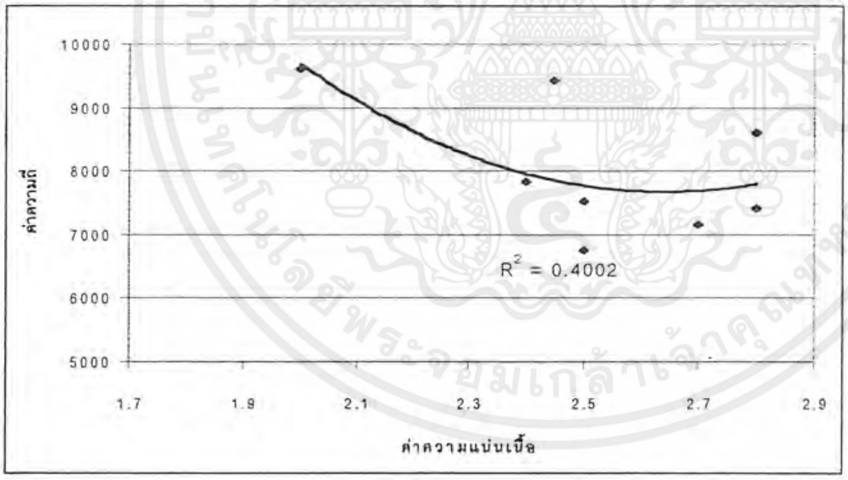
ตารางที่ 13 แสดงค่าต่างๆที่ทำการทดลองที่ความถี่ 100 เฮิร์ท

ลูกที่	ครั้งที่	ความถี่	ความถี่เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า ถพ.	ค่าความแน่นเนื้อ
1	1 2 3	9300 9500 9500	9433.333	115.4701	1.011	2.45
2	1 2 3	9000 9330 10500	9610	788.2259	1.006	2
3	1 2 3	8500 7000 8000	7833.333	763.7626	1.008	2.4
4	1 2 3	8400 8450 9000	8616.667	332.9164	1.02	2.8
5	1 2 3	8000 8100 6500	7533.333	896.2886	0.994	2.5
6	1 2 3	7000 6500 8000	7166.667	763.7626	1.017	2.7
7	1 2 3	6500 7250 6500	6750	433.0127	1.014	2.5
8	1 2 3	8000 8250 7000	7416.667	520.4165	1.02	2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความถ่วงจำเพาะที่ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท



รูปที่ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เฉลี่ยและค่าความแน่นเนื้อ (Kg - mm)ที่ความถี่ป้อนเข้า 100 เฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำมะม่วงที่มีอายุแตกต่างกันมาทำการทดลอง พบว่ากราฟสัญญาณความถี่กับค่าความถ่วงจำเพาะมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก เห็นได้จากการกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่คงที่ ดังนั้นจึงสรุปว่า การใช้การสั่นสะเทือนไม่สามารถที่จะแยกระดับอายุของมะม่วงที่แตกต่างกันได้ แต่ค่าความถ่วงจำเพาะสามารถแยกระดับอายุมะม่วงได้

เมื่อนำมะม่วงที่แก่จัดมาทดลอง แล้วบ่มไปเรื่อย ๆ จนสุก จะพบว่ากราฟสัญญาณความถี่จะมีความเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ ในแต่ละครั้งที่บ่มแล้วทำการทดลองอีก มะม่วงจะมีอายุมากขึ้น นำไปหาค่าความถ่วงจำเพาะซึ่งได้ค่าสัญญาณความถี่ที่ได้มีค่าลดลง

เมื่อนำค่าความถ่วงจำเพาะไปเปรียบเทียบกราฟ(รูปที่ 53)ก็จะสามารถหาอายุมะม่วงได้และนำค่ามะม่วงที่หาได้ไปเปรียบเทียบกราฟ(รูปที่ 54)จะได้ค่าความหนาแน่นเนื้อและเมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าความถี่และค่าความแน่นเนื้อ จะได้กราฟที่มีความสัมพันธ์แบบผกผัน คือ เมื่อค่าความแน่นเนื้อลดลง สัญญาณความถี่ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ระบบการสั่นสะเทือนจะมีค่าเพิ่มขึ้น

จากการทดลองสรุปได้ว่า การทดลองโดยใช้การสั่นสะเทือนนั้นจะสามารถแบ่งแยกระดับความสุก-แก่ได้เฉพาะมะม่วงที่แก่จัดและนำมาบ่มให้สุกเท่านั้น แต่ค่าความถ่วงจำเพาะสามารถใช้แยกระดับอายุของมะม่วงดิบที่อายุต่าง ๆ กันจนถึงดิบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะมีการแปรผันตามอายุมะม่วง คือ เมื่อมะม่วงมีอายุมากขึ้นค่าความถ่วงจำเพาะก็จะเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของมะม่วง แต่ค่าความถ่วง-จำเพาะกับสัญญาณที่ได้จากการสั่นสะเทือนไม่มีความสัมพันธ์กับมะม่วงดิบที่อายุต่างๆกันอันเนื่องมาจากลักษณะความแน่นเนื้อของมะม่วงที่ไม่แตกต่างกันมากทำให้สัญญาณที่ได้ไม่ชัดเจน แต่มะม่วงดิบที่เอามาบ่มจนสุกและมะม่วงสุกนั้น พบว่าสัญญาณที่ได้มีความแปรผันตามกัน คือ เมื่ออายุมะม่วงเพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อลดลงสัญญาณที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้น

จากการทดลองในครั้งที่ 1 และ 2 ให้กราฟสัญญาณความถี่ที่ไม่ชัดเจน น่าจะเป็นผลมาจากลักษณะความแน่นเนื้อของมะม่วง เนื่องจากมะม่วงดิบที่มีอายุแตกต่างกันจะมีความแน่นเนื้อที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจจะทำให้สัญญาณความถี่ที่ออกมานั้นไม่ชัดเจนแต่เมื่อเรานำมะม่วงมาบ่มจนสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อของมะม่วงอย่างเห็นได้ชัดและทำให้ได้กราฟความถี่ที่ชัดเจน

ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน

1. ความแน่นเนื้อของมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างการบ่ม คือ การระเหยน้ำจากผิวมะม่วงทำให้ผิวด้านนอกมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นกับมะม่วงที่นำมาทำการทดลองโดยไม่ได้บ่ม
2. เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำเนิดการสั่นสะเทือนนั้น เป็นวงจรแม่เหล็กที่ทำการปรับความถี่ได้และในการทดลองแต่ละลูกจะเปิดเครื่องให้ทำงานตลอด แล้วปรับความถี่ตั้งแต่ 25, 50 และ100 เฮิร์ท ซึ่งการเปิดเครื่องให้เครื่องทำงานนานๆนั้น ทำให้เครื่องมีความร้อนเกิดขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดของสัญญาณมากขึ้น
3. โปรแกรม แอดวาน เทค จีนี (Advance tech genie) สามารถที่จะบันทึกข้อมูลที่มาจากตัว Piezoelectric Accelerometer ได้ ซึ่งอัตราการจับสัญญาณ(Sampling)ทำได้ที่ 5 มิลลิ-วินาที เท่านั้น ซึ่งถือว่าอัตราการจับสัญญาณมีค่าไม่ละเอียดพอ ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลที่ได้มีความละเอียดไม่เพียงพอ ส่งผลให้ค่าที่ได้จากการทดลองคลาดเคลื่อนได้
4. ในตัวโปรแกรม แอดวาน เทค จีนี นั้นเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน เพื่อบันทึกสัญญาณจะมีการเปลี่ยนแปลงของกราฟสูงมากในตอนแรกที่เริ่มบันทึกแต่เมื่อทำการบันทึกต่อไปกราฟจะเรียบมากขึ้น ซึ่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงของกราฟมากนั้น ทำให้ข้อมูลที่ได้เกิดการคลาดเคลื่อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาโครงงาน

1. ควรที่จะปรับปรุงเครื่องกำเนิดสัญญาณการสั่นสะเทือนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สามารถเปลี่ยนความถี่ได้มากขึ้นเพราะจะทำให้เราสามารถวิเคราะห์หาความถี่ที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการสั่นมะม่วงเพื่อให้เกิดสัญญาณที่มีลักษณะเด่นชัดมากกว่านี้
2. ควรพัฒนาโปรแกรมรับสัญญาณ(อาจจะเขียนขึ้นเอง)เพื่อให้สามารถจับสัญญาณในอัตราที่ละเอียดมากกว่านี้(น้อยกว่า 5 มิลลิวินาที)ทั้งนี้ให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น
3. ในการทดลองแต่ละครั้งควรจะมีการควบคุมตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลต่อการทดลองให้มากกว่านี้ เช่น แรงกดของเปียโซอิเลคตริค แอคเซเลอรอมิเตอร์, อายุมะม่วง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรมที่ใช้รับข้อมูล

แอดวาน จีนิ (Advance Genie)

แอดวาน จีนิ เป็นโปรแกรมที่ใช้รับข้อมูล ที่เป็นการปฏิบัติการในไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro computer) เป็นโปรแกรมที่ง่ายในการบันทึก และมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์(product) โดยส่วนประกอบของโปรแกรมมี 4 ส่วนด้วยกันดังนี้

1. Device Installation
2. Genie Strategy Editor
3. Genie Runtime
4. Read 1st

รายละเอียดในแต่ละส่วนมีดังนี้คือ

ส่วน Device Installation ใช้เมื่อมีการรับการ์ด (card) A/D ใหม่เข้ามาในไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการกำหนดค่า(setup) ต่าง ๆ ในการ์ดเพื่อให้ระบบของไมโครคอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อกับการ์ดได้ โดยค่าที่จะต้องกำหนดให้มีดังนี้คือ

- กำหนดค่า Base address ให้มีค่าเท่ากับ 2C0
- เลือกชนิดของการ์ดเป็น Advantech PLC 818 HG
- D/A voltage Reference 0 – 5 volt

ส่วน Genie Strategy Edition เมื่อทำการกำหนดค่าต่างๆตามที่กำหนดแล้ว ต่อไปก็เข้าไปสู่ส่วนที่สองของโปรแกรม ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการเขียนวงจรรับสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูป

รูปที่ 30 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโปรแกรมจะประกอบด้วยตัวเลือก (Menu) ต่างๆดังนี้คือ

1. File ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังรูป

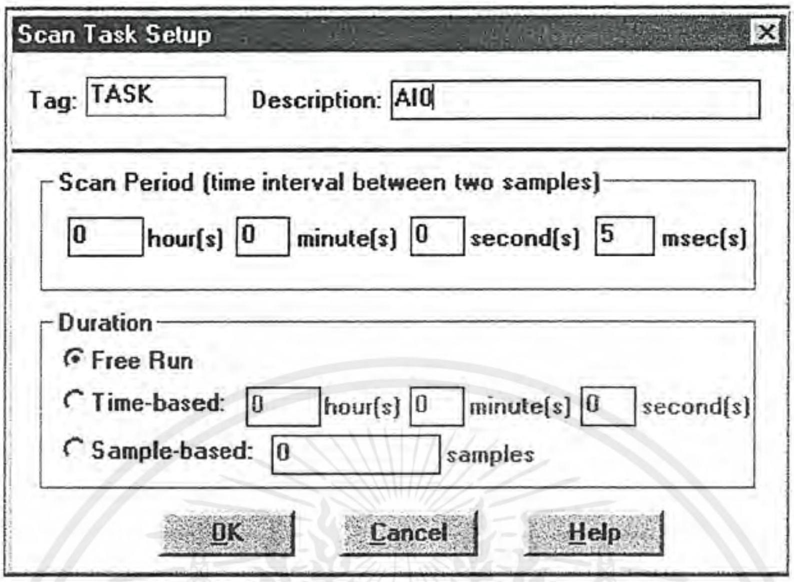
รูปที่ 31 แสดงส่วนประกอบในตัวเลือก File

2. Edit ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูป

รูปที่ 32 แสดงส่วนประกอบของ Edit

3. Setup มีส่วนสำคัญที่ต้องเปลี่ยนค่าคือส่วนของ Task คือจะต้องกำหนดว่ารับสัญญาณมาจากไหน หมายถึงสัญญาณแอนาลอก(Analog , AI)ช่องที่เท่าไร ใน Terminal Board และนอกจาก นี้ยังจะต้องกำหนดค่าของ time sampling ให้มีค่าตามที่เราต้องการคือตั้งค่าไว้ที่ 5 มิลิวินาที(milliseconds)นั่นก็แสดงว่าในการทดลอง 1 วินาทีเราจะสามารถเก็บข้อมูลได้จำนวน 200 ข้อมูล ในการกำหนดค่าต่างๆแสดงไว้ในรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33 แสดงการกำหนดค่าต่างๆให้กับ Task

4. View ซึ่งเป็นเมนูที่ใช้ในการเลือกดูค่าต่าง ๆในงาน นอกจากนี้ยังใช้ในการย่อ ขยายภาพที่ได้จากการทดลอง

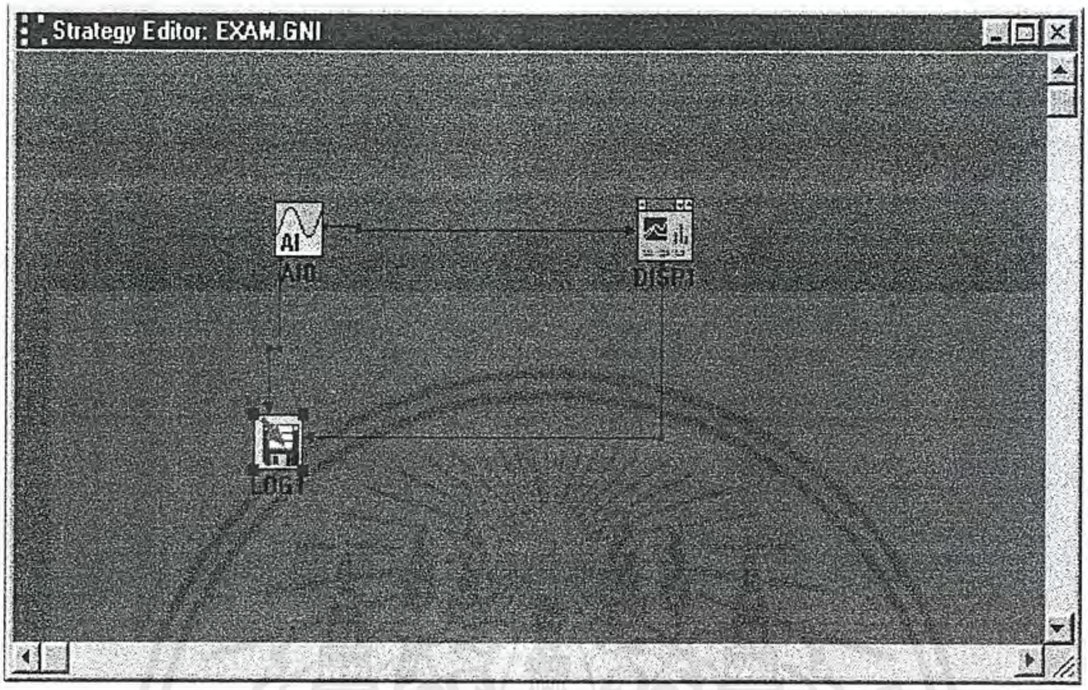
5. Window เป็นเมนูที่ใช้ในการเลือกใช้งานในโปรแกรมว่าจะใช้งานทีละกี่หน้าต่าง

6. Run เป็นเมนูที่ใช้เวลาทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล

7. Help เมนูนี้จะมีรายละเอียดต่างๆของโปรแกรมทั้งหมด เพื่อช่วยในการค้นหาข้อมูล

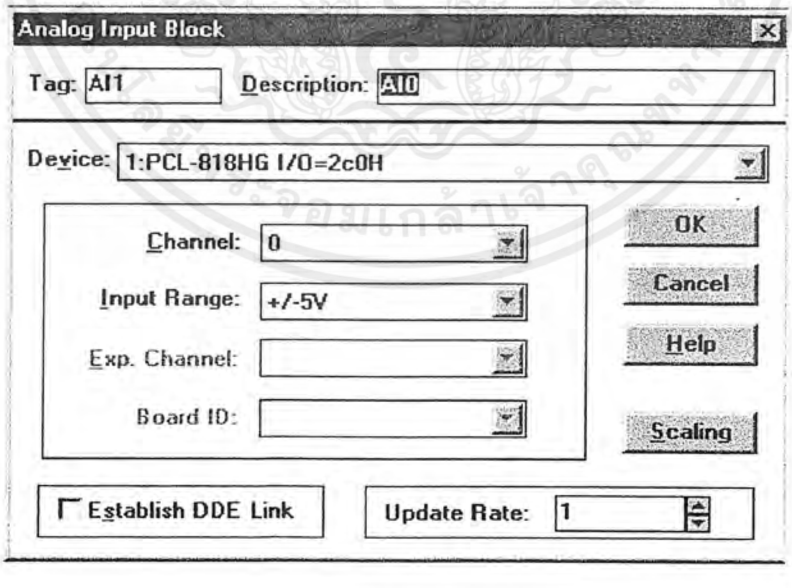
หลังจากศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมทั้งหมดแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการสร้างวงจรที่จะใช้ในการทดลอง ซึ่งโปรแกรมที่ใช้มีส่วนประกอบดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



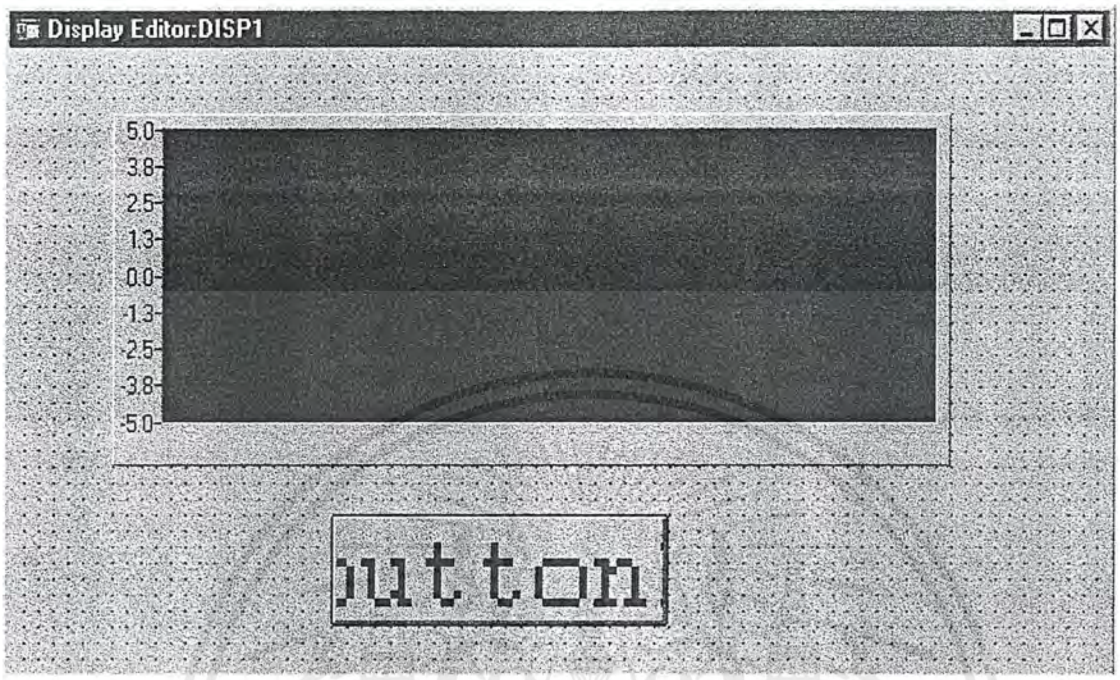
รูปที่ 34 แสดงการสร้างวงจรที่ใช้ในการทดลอง

หลังจากสร้างวงจรที่ใช้ในการรับและเก็บข้อมูลเสร็จแล้ว ก็ทำการกำหนดค่าให้กับแต่ละส่วนประกอบ (Element)ดังนี้

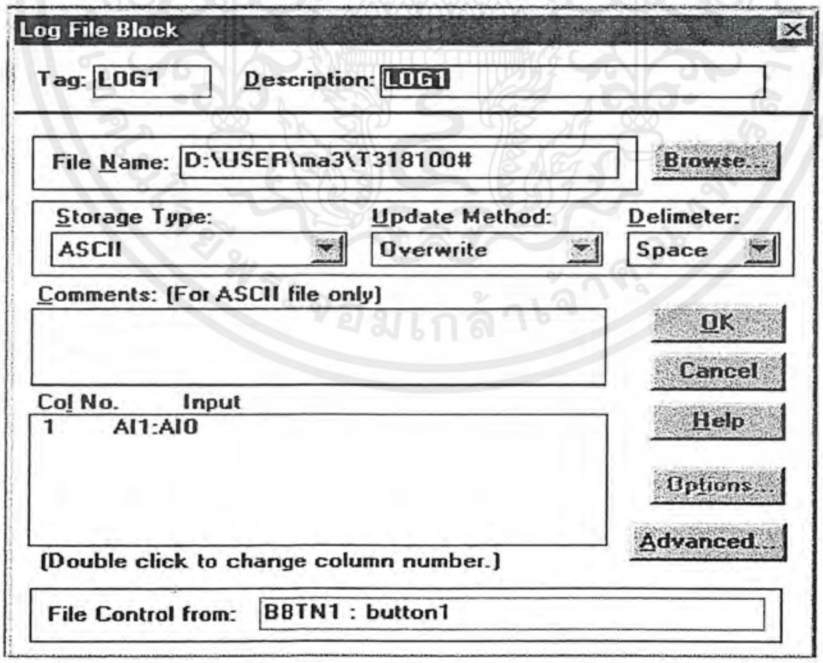


รูปที่ 35 แสดงการกำหนดค่าต่างๆ ให้กับส่วนของ AI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 36 แสดงส่วนของ Display



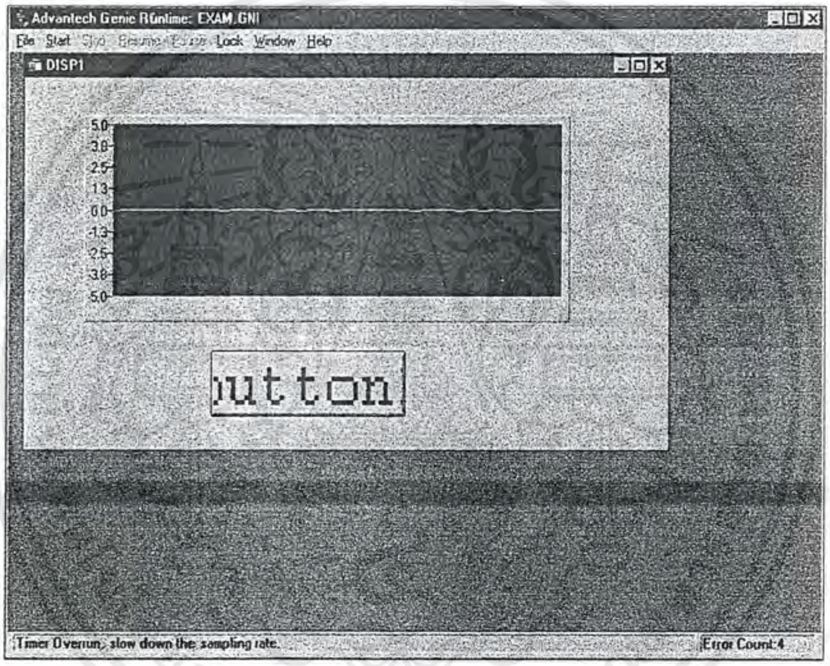
รูปที่ 37 แสดงการกำหนดค่าให้กับส่วนที่ใช้เก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Genie Runtime

หลังจากที่ทำการกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับส่วนประกอบทั้งหมดแล้ว ก็ทำการประมวลผลโปรแกรมได้เลย โดยกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลองไว้ที่ 5 วินาที ดังนั้นเมื่อครบกำหนดตามเวลาแล้ว ก็ทำการหยุดโปรแกรมเพื่อเป็นการหยุดรับข้อมูล จากนั้นก็ทำการเปลี่ยนชื่อของแฟ้มข้อมูล (File) ในส่วนที่เก็บข้อมูลแล้วทำการประมวลผลโปรแกรมอีกครั้ง ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบตามจำนวนครั้งในการทดลองที่ได้กำหนดไว้

ผลที่ได้จากการประมวลผลเพื่อเก็บข้อมูลเป็นดังรูป



รูปที่ 38 แสดงผลที่ได้จากการรับเพื่อเก็บข้อมูล

ซึ่งแฟ้มข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้น สามารถนำไปเปิดในไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อนำไปวิเคราะห์สัญญาณที่ได้ในโปรแกรม MathCad โดยใช้สมการ ฟาสฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม (Fast Fourier Transform, FFT(c))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนของโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล</u>

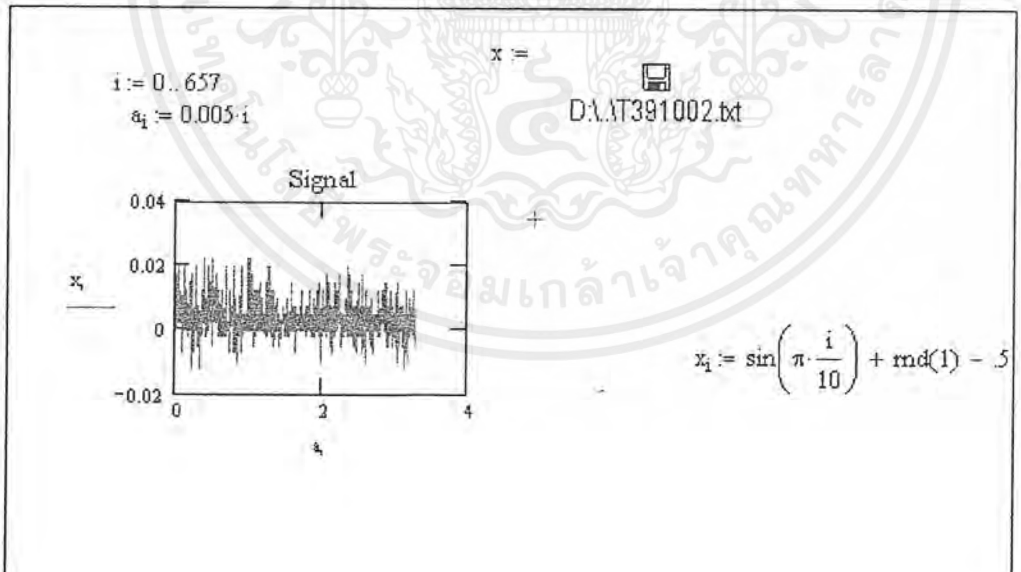
<u>ใช้โปรแกรม MathCad</u>

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ คือ MathCad ซึ่งในโปรแกรมจะมีส่วนประกอบดังนี้ คือ

1. OVERVIEW AND TUTORIALS
2. QUICSHEETS AND REFERENCE TABLE
3. EXTENDING MATHCAD

ในส่วนของ QUICSHEETS AND REFERENCE TABLE นั้นจะมีส่วนของ Data Analysisอยู่ ซึ่งเป็นส่วนที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ ภายใน Data Analysis จะมีฟาสต์ ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์มอยู่ ซึ่งจะใช้ในการแปลงสัญญาณจากแฟ้มข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่ง ฟาสต์ ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม ที่ใช้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

1. ส่วนที่รับสัญญาณ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่รับแฟ้มข้อมูลมาจากเอ็กเซล (Excel) ที่บันทึกไว้จากการทดลอง แล้วนำมาแปลงเป็นกราฟสัญญาณได้ดังนี้



รูปที่ 39 แสดงกราฟสัญญาณที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่เกี่ยวข้องคือ

$$x_i := \sin\left(\pi\cdot\frac{i}{10}\right) + \mathrm{rnd}(1) - .5$$

เมื่อ x_i คือ ค่าแอมพลิจูดของ (Amplitude)สัญญาณ

i คือ จำนวนข้อมูล

$a_i = 0.005i$ คือช่วงเวลาในการทดลอง

เมื่อได้กราฟสัญญาณแล้วนำข้อมูลมาใส่ในสมการ ฟาสต์ ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม ตามสมการข้างล่าง

$$c := \mathrm{cfft}(x)$$

เนื่องจากสมการฟาสต์ ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม มีสองแบบด้วยกันคือ fft (x) และ cfft (x) ทั้งสองสมการจะใช้ต่างกันคือ fft (x) จะใช้ในกรณีที่ข้อมูลเป็นสเกลาร์ (scalar) ส่วน cfft (x) ใช้ในกรณีที่ข้อมูลเป็นเวคเตอร์ (vector) หรือเมตริกซ์ (matrix) ซึ่งสมการฟาสต์ ฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม จะแปลงสัญญาณเวคเตอร์ หรือ เมตริกซ์ ให้กลับไปเป็นค่าที่เหมือนกับค่าของสัญญาณเริ่มต้น

สมการของ cfft (x) คือ

$$C_j := \frac{1}{\sqrt{n}}\sum_k v_k\, e^{i(2\Pi j/n)k}$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูล

i คือ หน่วยจินตภาพ (imagine unit)

กราฟที่ได้จากการแปลง ฟาสฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

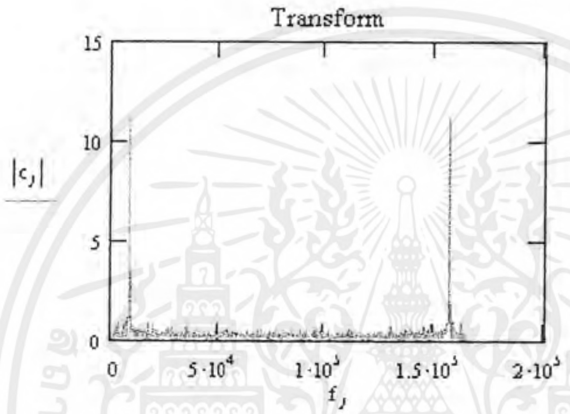
Take Fourier transform:

$c := \mathrm{cfft}(x)$ $N := \mathrm{last}(c)$ $N = 822$

$j := 0..N$

Complex frequency vector

$f_j := 200 \cdot j$



รูปที่ 40 แสดงการแปลง ฟาสฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม

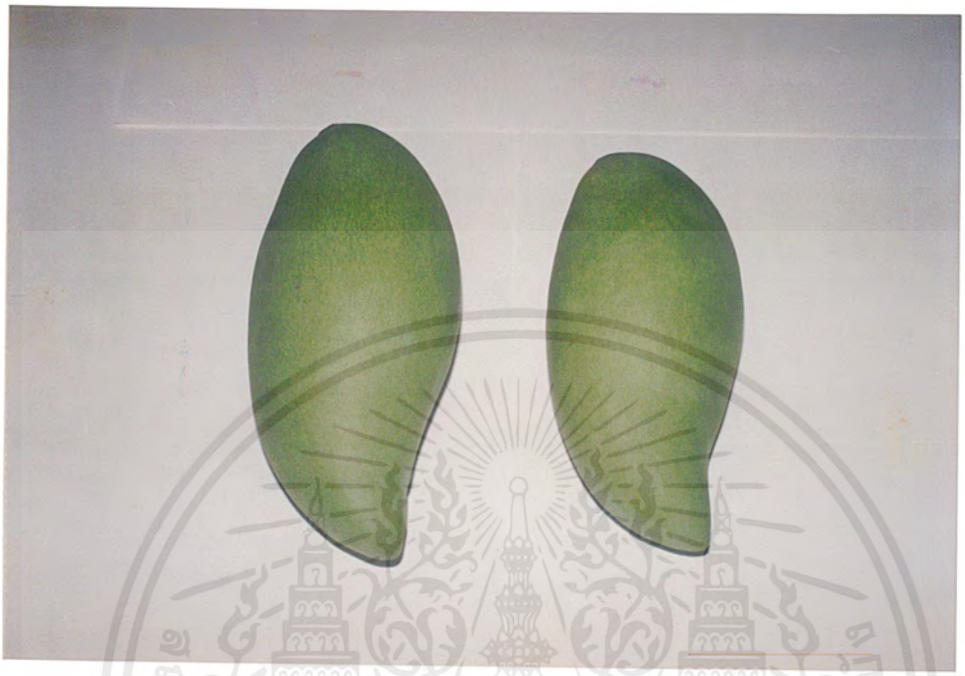
แล้วนำข้อมูลจากกราฟที่แปลง ฟาสฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม ที่ได้นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอายุของมะม่วง กับสัญญาณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ความแน่นเนื้อ ปริมาณTSS ปริมาณกาคซิตริกของผลดิบและผลสุก total soluble solids acid ratio ของผลดิบและผลสุก และ heat unit ของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุต่างๆ

อายุ (วัน)	ความแน่นเนื้อ (ปอนด์)		TSS %		ปริมาณกรดซิตริก %		TSS – acid ratio		Heat Unit (CDD)
	ผลดิบ	ผลสุก	ผลดิบ	ผลสุก	ผลดิบ	ผลสุก	ผลดิบ	ผลสุก	
84	20.90	11.648	10.12	19.4	2.24	1.86	4.52	10.43	720.4
87	18.90	9.855	10.30	19.7	2.20	1.43	4.68	13.78	750.9
90	15.40	9.855	10.40	19.8	2.19	1.39	4.75	14.24	781.3
93	13.20	8.512	10.50	20.1	1.85	1.22	5.68	16.48	815.5
96	12.30	8.400	11.00	20.3	1.83	1.22	6.01	16.64	850.2
99	11.30	7.840	11.35	20.5	1.70	1.17	6.68	17.52	883.1
102	11.10	7.840	11.90	20.8	1.41	1.05	8.44	19.81	914.3
105	10.50	7.392	12.62	21.1	1.48	1.08	8.53	19.54	944.1
108	10.00	7.392	12.65	21.4	1.30	1.01	9.73	21.19	973.7
111	9.60	7.392	12.02	21.3	1.19	0.90	10.10	23.67	1002.7
มากกว่า 111	9.00	4.256	12.40	20.0	0.98	0.87	12.65	22.99	มากกว่า 1002.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

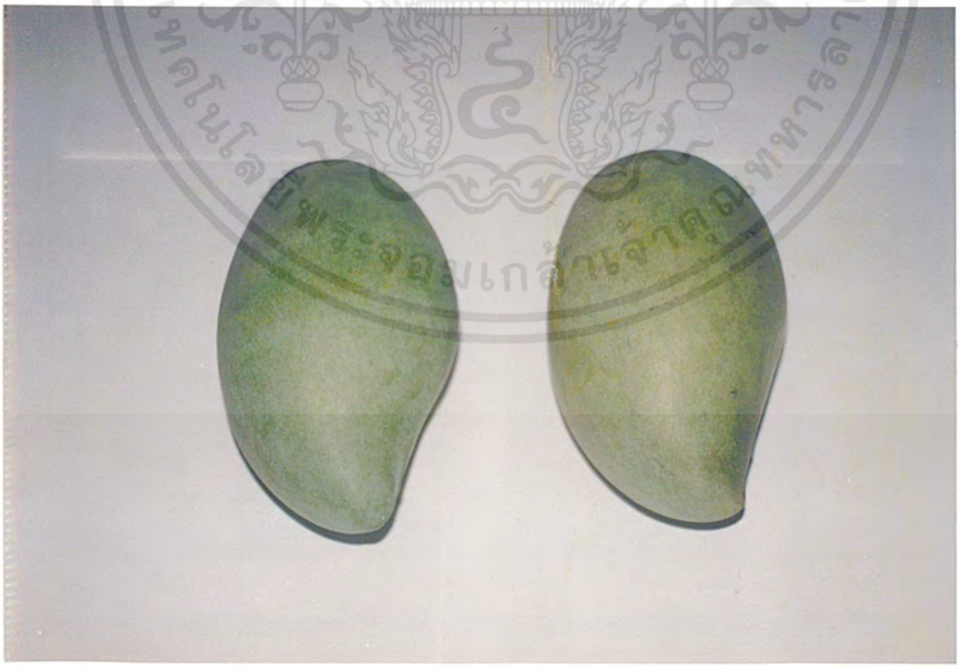


รูปที่ 41 แสดงมะม่วงอ่อนที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1

รูปที่ 42 แสดงมะม่วงที่เริ่มแก่ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 43 แสดงมะม่วงแก่ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 44 แสดงมะม่วงที่แก่จัดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1

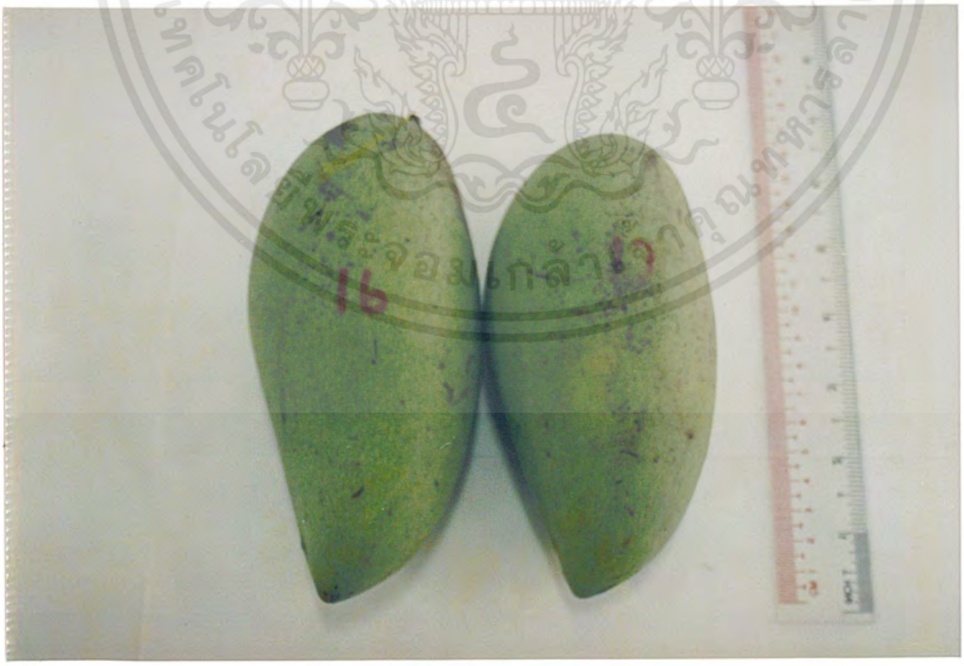
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 45 แสดงมะม่วงสุกที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 1

รูปที่ 46 แสดงมะม่วงที่แก่จัดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 2

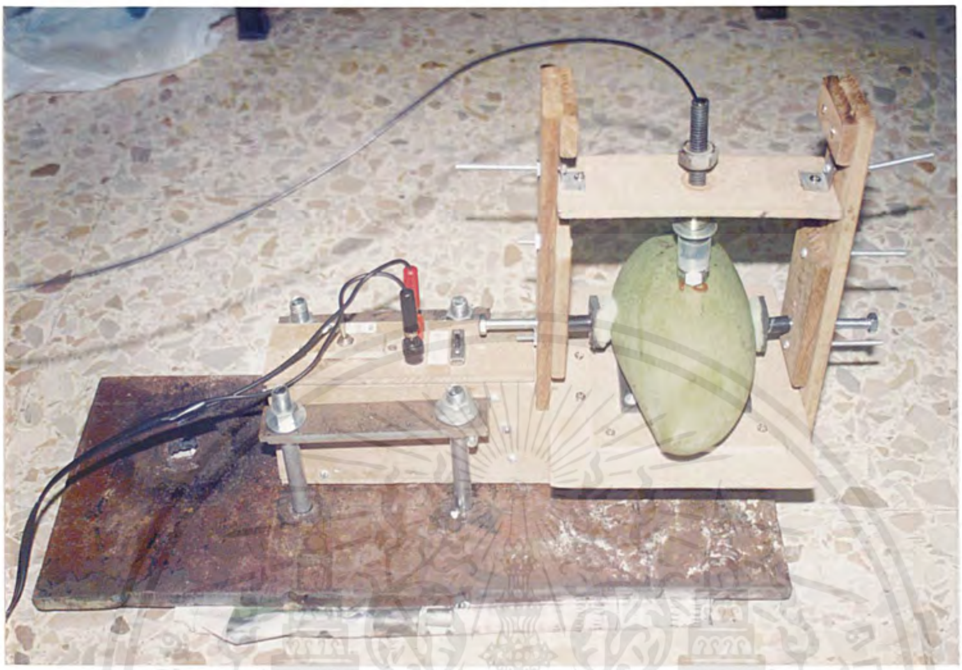
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 47 แสดงลักษณะเนื้อภายในของมะม่วงจากรูปที่ 46

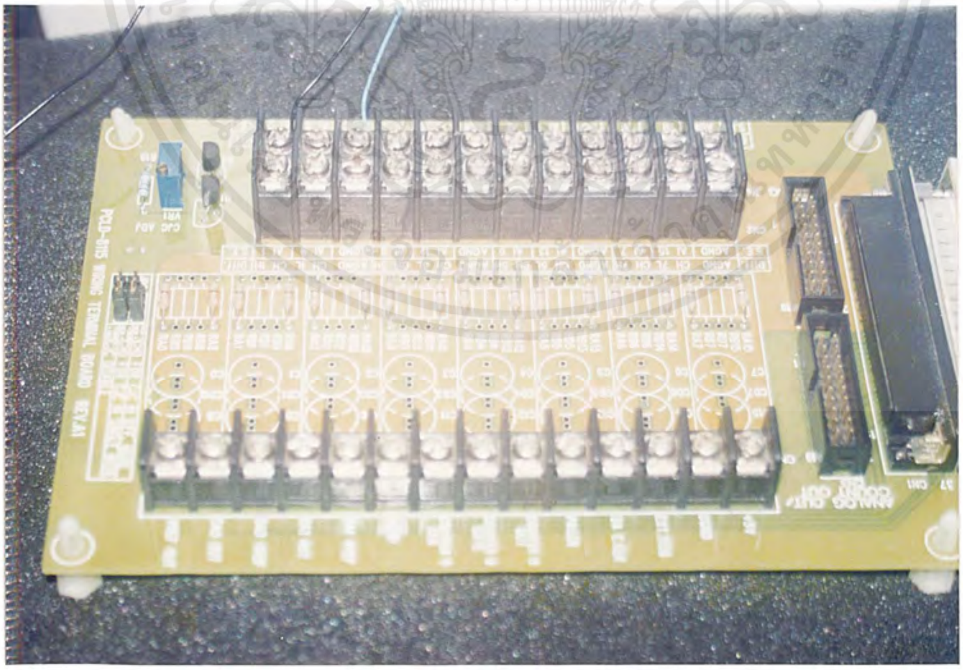


รูปที่ 48 แสดงมะม่วงที่แก่จัดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 3(บ่ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 49 แสดงเครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือน



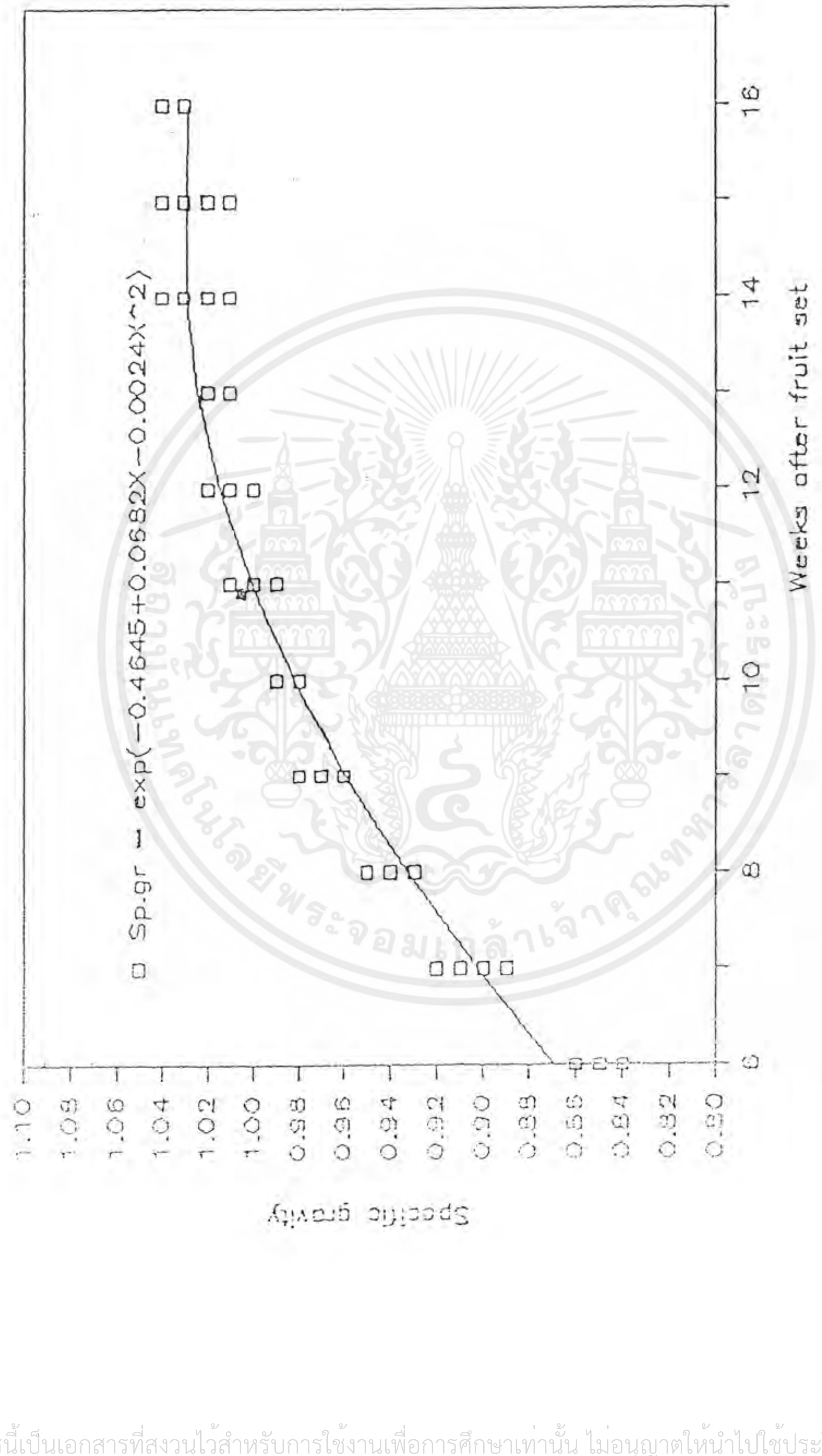
รูปที่ 50 แสดงส่วนประกอบของ Terminal Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 51 แสดงส่วนประกอบของ Amplifier

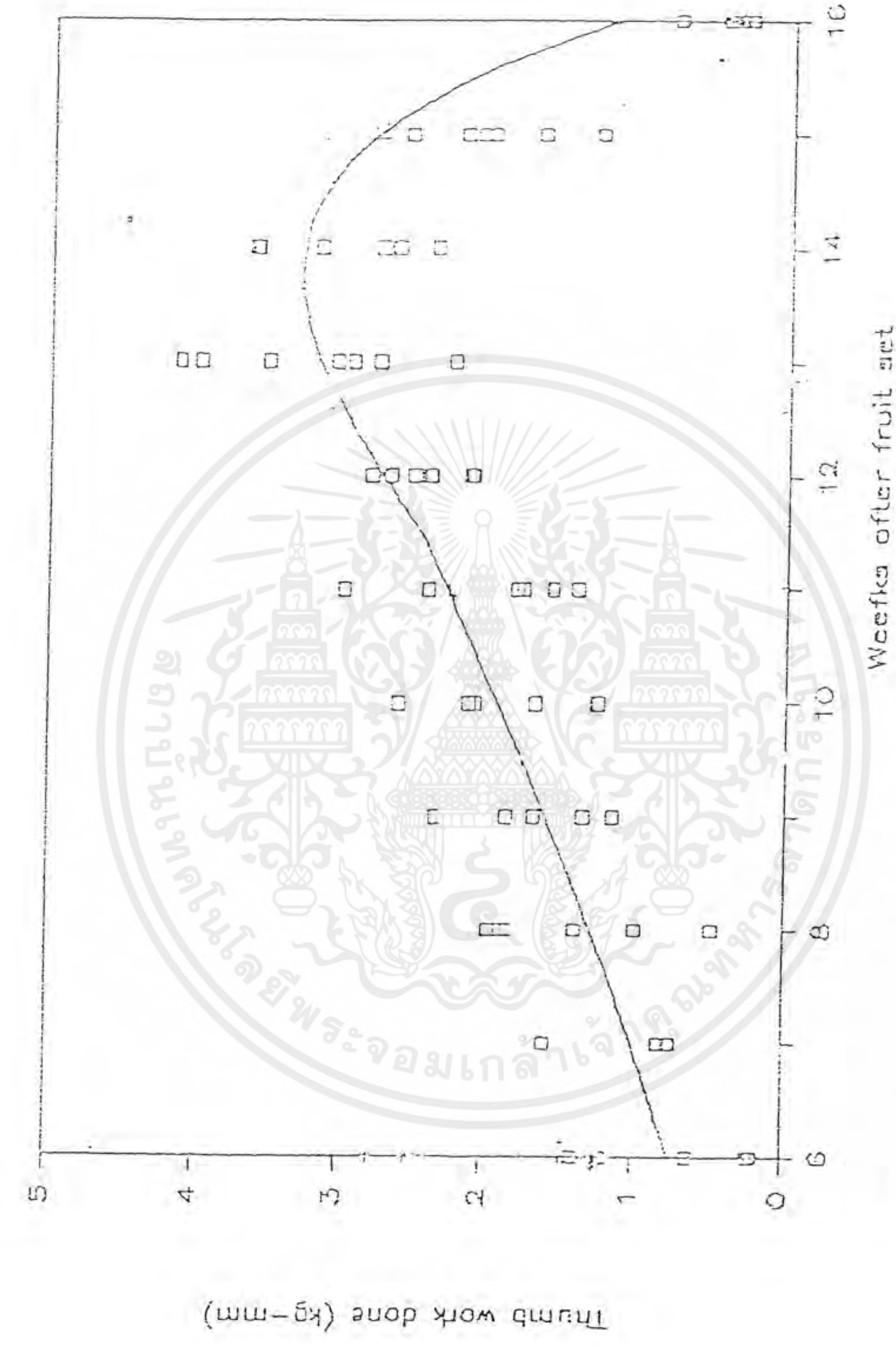
รูปที่ 52 แสดงการชั่งน้ำหนักมะม่วงในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะกับอายุวันหลังดอกบาน[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับอายุวันหลังดอกบาน[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ต้องขอขอบคุณ

อาจารย์ สรรวริศ อุ่ยวัฒนา ที่สละเวลาอันมีค่ามาคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ รวมทั้งแนวคิดในการทำโปรเจ็คในครั้งนี้ อาจารย์ ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆของมะม่วงน้ำดอกไม้และช่วยแนะแนวในการเลือกดัชนีบ่งบอกความแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ คุณสมพล ตันติอมรพงศ์ และพี่ๆบริษัทบุญเยี่ยมและสหาย จำกัดที่ช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับโปรแกรม และช่วยในการออกแบบอุปกรณ์ บริษัท Complex Technology จำกัดที่ช่วยอธิบายการใช้โปรแกรม Advance genie และให้คำปรึกษาการใช้โปรแกรม ภาควิชาโทรคมนาคมและภาควิชาควบคุม ที่อนุเคราะห์ให้ยืมฟังก์ชั่นเจน ในการทดลองโปรเจ็ค ภาควิชาไฟฟ้ากำลังที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์การสั่นสะเทือน

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ. โอกาสนี้

วันที่ 23 มีนาคม 2543

คณะผู้จัดทำ

นางสาวเกษสาคร พรมล้วน

นายนรสิงห์ กิตติโสภา

นางสาวเนติยา สนิทกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ก่อเกียรติ จรัสวชิรกุล,คณิตพงษ์ แซ่ก่อง, "เครื่องคัดความสุกแก่ของมะม่วง",ปริญญานิพนธ์ , ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , หน้า 3-7,2538

2. ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์, "A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Engineering"

3. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, สาทิป รัตนภาสกร, "สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 45-48, 2538

4. พิชิต ลำยอง, "เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 3, หน้า 3-62, 2538

5. Feldman, Michel., "Surface Acoustic waves for signal processing" / Michel Fledman and Jenning Henaff ; translated by S.Chomet Boston :Artech House.,pp 37-53 ,c1989

6. Siam Hitech Instrument LTD, Part. Hand book

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้