สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเสียหายของมะนาวโดยวิธีการตกกระแทก

IMPACT TESTING OF LIME UNDER COLD STORAGE

โดย

นายชัยญัณ ราชรักษ์
นายปรัชญา วันน้อย
นางสาวฤทัยชนก นาคปฐม

T103135

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103135
วัน,เดือน,ปี 28 ส.ค. 2552

.b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความเสียหายของมะนาวโดยการตกกระแทก

ผู้จัดทำ

1. นายชัยญัณ ราชรักษ์ รหัสประจำตัว 48010191
2. นายปรัชญา วันน้อย รหัสประจำตัว 48010516
3. นางสาวฤทัยชนก นาคปฐม รหัสประจำตัว48010747

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ภัทรชัย วิชัยยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความเสียหายของมะนาวโดยการตกกระแทก

นาย ชัยญัณ ราชรักษ์ 48010191
นาย ปรัชญา วันน้อย 48010516
นางสาว ฤทัยชนก นาคปฐม 48010747

อ. ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ รองอาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ทดสอบการตกของมะนาวด้วยระยะความสูง 0.5 เมตร , 1 เมตร ,1.5 เมตร และ 2 เมตร โดยใช้มะนาวที่ไม่มีการตกเป็นการอ้างอิง มะนาวถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยทำการใส่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10^0 C ส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่สภาพอากาศปกติภายในห้อง มะนาวที่เก็บในอุณหภูมิ 10^0 C เปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง แต่หลังจากวันที่ 18 ของการเก็บรักษามะนาวจะมีร่องรอยความช้ำและเกิดการเน่าเสียในเวลาต่อมา มะนาวที่ตกด้วยระยะความสูงมากจะมีการเปลี่ยนแปลงของสีเร็วกว่าในระยะการตกที่น้อยกว่าเสมอ มะนาวที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองภายในเวลา 8-10 วันและแห้งกลายเป็นสีน้ำตาลภายในเวลาประมาณ 14 วัน และหลังจากนั้นก็อาจมีเชื้อราปรากฏขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPACT TESTING OF LIME UNDER COLD STORAGE

Chaiyan Ratcharak 48010191

Prachaya Wannoi 48010516

Rutaichanok Nakpatom 48010747

Patrachai Vichaiya Advisor

Teerapong Polpo Advisor

2009

Abstract

This thesis was to study the impact effect of lime at different height of 0.5 meter , 1 meter ,1.5 meter and 2 meter. The no drop lime was considered as a control. Lime was splited and store in to 2 groups. One was putted in the refrigerator at 10^0 C ,Another on was under room condition.

Lime at 10^0 C condition appeared to change color from green to yellow with in 10-16 days. After this lime began to show the damage or rotten. It was observed that the higher the drop ,the more damage it appeared to be.

Lime at room condition had changed color from green to yellow with in 8-10 days and turned to brown color with in 14 day of storage .After that ,Some lime had fungus attacked an began to decay.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษาในโครงงานที่ให้ความรู้ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆเสมอมา จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์รวมทั้งความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ช่วยเหลือในทุกๆด้านตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและภาควิชาอื่นๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำแก่คณะผู้วิจัย และท้ายสุดคุณประโยชน์ของงานวิจัยนี้ที่พึงมี คณะผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบัน

คณะผู้จัดทำ

นายชัยญัณ ราชรักษ์

นายปรัชญา วันน้อย

นางสาวฤทัยชนก นาคปฐม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ข้อมูลทฤษฎีเบื้องต้น	5
2.1 บทนำ	5
2.1.1 พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย	7
2.1.2 การหายใจของผักผลไม้	8
2.2 การตกกระแทกและการเสียหายเชิงกล	9
2.3 วิธีการเก็บรักษามะนาว	9
2.3.1 การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ	9
2.3.2 การฝังในทรายชื้นหรือแกลบชื้น	10
2.3.3 การบรรจุในถุงพลาสติก	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ) หน้าที่

2.3.4 การเคลือบผิว 10

2.3.5 การใช้จิบเบอเรลลิน 11

2.4 ข้อสมมุตติฐานเบื้องต้น 11

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

บทที่ 3 การทดลอง 13

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 13

3.2 ขั้นตอนการทดลอง 16

บทที่ 4 ผลการทดลอง 18

4.1 น้ำหนักของมะนาว (ในการทดลองครั้งที่ 1) 18

4.2 ลักษณะของมะนาวหลังทำการทดลอง (ในการทดลองครั้งที่ 1) 22

4.3 ผลการทดลอง 24

4.4 วิธีการทดลองที่ 2 27

4.5 ผลการทดลอง(ในการทดลองครั้งที่ 2) 28

4.6 ลักษณะของมะนาวหลังทำการทดลอง (ในการทดลองครั้งที่ 2) 31

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 34

5.1 สรุปผลการศึกษา 34

5.2 แนวทางในการพัฒนาการทดลองต่อ 36

ภาคผนวก 37

บรรณานุกรม 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้าที่
1.1 มะนาวที่สีเขียวไม่มีการเสียหาย	1
1.2 มะนาวที่มีสีเหลือง โดยทั่วไปแล้วไม่ค่อยเป็นที่ต้องการของท้องตลาด	2
1.3 มะนาวที่ล้นตลาด มีเป็นจำนวนมากเกินไป ทำให้ราคาตก	2
2.2 การใช้ตะขอเกี่ยวจากต้น	6
2.3 มะนาวประเภท Lime	7
2.4 มะนาวประเภท Lemon	7
2.5 มะนาวไข่	8
2.6 มะนาวหนัง	8
2.7 มะนาวแป้น	8
2.8 แสดงความเสียหายจากการกระแทก	9
2.9 แสดงการเก็บรักษาแบบฝังทราย	10
3.1 ภาพตัวอย่างมะนาวที่นำมาทำการทดลอง	13
3.2 ท่อPVC เจาะรูที่ระยะต่างๆ	14
3.3 เครื่องสเตนเกจเครื่องแรกที่ใช้	15
3.4 เครื่องมอนิเตอร์แสดงผลข้อมูล	15
3.5 ตู้เย็นที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส	16
3.6 ลักษณะการตกกระแทก	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ) หน้าที่

4.1 เปรียบเทียบสีระหว่างที่ระยะ 2 m และ 0 m 22

4.2 ผลของมะนาวส่วนใหญ่ในการทดลองนี้ 23

4.3 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ 23

4.4 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ 24

4.5 มีการปรับเครื่องรับแรงกระแทกและตัว load cell 25

4.6 เลือกพิกัดเครื่องใหม่ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น 26

4.7 ออกแบบอุปกรณ์รับแรงในการทดลองครั้งที่ 2 26

4.8 ลักษณะการตกกระทบของมะนาวที่มีต่ออุปกรณ์รับแรงกระแทกในการทดลองครั้งที่ 2 27

4.9 มะนาวที่ระยะ 1.5 เมตรที่อุณหภูมิ 10 °C เวลา 20 วัน 31

4.10 ลักษณะของมะนาวที่เน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 °C 32

4.11 มะนาวที่เปลี่ยนสีแต่ไม่เน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 °C 32

4.12 มะนาวที่เปลี่ยนสีแต่ไม่เน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 °C 33

4.13 การเน่าเสียเกิดที่ขั้วมะนาวที่อุณหภูมิ 10 °C 33

5.1 ตำแหน่งรอยช้ำและตำแหน่งที่ตก 35

5.2 ตำแหน่งรอยช้ำและตำแหน่งที่ตก 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
4.1 ระยะการตก น้ำหนัก และแรงตกกระทบ	18
4.2 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่มีการควบคุมอุณหภูมิ	19
4.3 ตารางแสดงลักษณการเปลี่ยนแปลงของมะนาว	20
4.4 จำนวนมะนาวที่มีการตกที่ตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละระยะ	21
4.5 ตำแหน่งที่แสดงความเสียหายที่ระยะตกต่างๆ	22
4.6 ตารางแสดงค่าแรงและสัมประสิทธ์	28
4.7 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่มีการควบคุมอุณหภูมิ	30

สารบัญกราฟ

กราฟที่	หน้าที่
4.1 ค่าสัมประสิทธ์ในแต่ละระยะ	18
4.2 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่อุณหภูมิ 10 °C	21
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตกกับสัมประสิทธ์	28
4.4 สัมประสิทธ์อย่างละเอียด	29
4.5 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่อุณหภูมิ 10 °C	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

มะนาว จัดได้ว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชชนิดหนึ่ง ที่มีความต้องการสูงตลอดทั้งปี การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมทำให้มีการนำมะนาวมาใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น จึงทำให้มะนาวมีบทบาทสำคัญมะนาวออกผลตลอดทั้งปี แต่จะมีมากในช่วงหน้าฝนถึงหน้าหนาวระหว่างช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนกุมภาพันธ์ กล่าวได้ว่ามะนาวเป็นพืชที่ต้องการใช้ทุกครัวเรือน ในพื้นที่ขาดน้ำมะนาวจะมีลูกเล็ก ไม่มีน้ำ เกิดความขาดแคลนในช่วงเดือนมีนาคม – เดือนเมษายน ในช่วงนี้มะนาวอาจมีราคาถึง 8 บาทต่อลูก ดังนั้น จึงทำให้มีผู้สนใจหันมาปลูกมะนาวนอกฤดูกันมาก ในขณะที่ช่วงที่มีมะนาวมาก มีราคาร้อยละไม่เกินสิบบาท สภาวะการขึ้นลงของราคาและปริมาณนั้นสร้างปัญหาแก่ทั้งผู้ผลิตและบริโภค กล่าวคือในหน้ามะนาวจะมีมะนาวล้นตลาด ราคาตก ในบางครั้งเกษตรถึงกลับไม่ยอมเก็บเนื่องจากเก็บไปขายก็ไม่ได้กำไร ส่วนในหน้าแล้งผู้บริโภคต้องซื้อมะนาวในราคาที่สูง จึงมีความพยายามที่จะเก็บรักษามะนาวระหว่างที่มะนาวถูกให้มีอายุยืดไปถึงช่วงที่มะนาวขาดตลาด แต่สิ่งที่ไม่สามารถคงสภาพคือความเขียวได้ เมื่อปล่อยทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่งมะนาวจะเกิดการเปลี่ยนสี จากสีเขียวเป็นสีเหลือง ซึ่งคนไทยไม่นิยมบริโภคมะนาวสีเหลือง เพราะจะไม่มีกลิ่นหอมของมะนาว ผู้ค้าส่งหลายรายได้พยายามเก็บรักษามะนาวในห้องเย็นพบว่า มะนาวมักมีปัญหาเน่าเสียเสียภายในเวลาประมาณ 1 อาทิตย์ และหากทิ้งไว้มะนาวจะติดเชื้อและอาจทำให้เสียทั้งหมดได้

รูปที่ 1.1 มะนาวที่สีเขียวไม่มีการเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 มะนาวที่มีสีเหลือง โดยทั่วไปแล้วไม่ค่อยเป็นที่ต้องการของท้องตลาด

รูปที่ 1.3 มะนาวที่ล้นตลาด มีเป็นจำนวนมากเกินไป ทำให้ราคาตก

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

1. ศึกษาการเน่าเสียของมะนาวอันเนื่องการตกการกระแทก ด้วยระยะที่ความสูง 2 เมตร 1.5 เมตร1 เมตร 0.5 เมตร เมื่อเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 10 °C
2. ศึกษาและเปรียบเทียบมะนาวที่เก็บไว้ในห้องห้องเย็นที่ 10 °C และอุณหภูมิห้อง
3. ศึกษาตำแหน่งการเน่าเสีย โดยการเปรียบเทียบกับมะนาวที่เก็บในอุณหภูมิห้องตามปกติและการเก็บมะนาวในห้องเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อทดลองหาความเสียหายของมะนาวที่มีการกระแทก โดยการตกกระแทกแบบการตกอิสระ (Free Fall) เพื่อนำมาหาความเสียหายที่เป็นลักษณะทางกายภาพของมะนาว เช่น การช้ำ การบวม การเน่าเสียที่เกิดความเสียหายแก่มะนาว

การทดลองแบบตกอิสระนั้นจะทำในระยะ 2 , 1.5 , 1 , 0.5 แล้วนำมาเปรียบเทียบว่าที่ระดับความสูงต่างๆนั้นสามารถสร้างความเสียหายแก่มะนาวมากน้อยเท่าใด และเปรียบเทียบการเก็บรักษาที่อุณหภูมิควบคุม(ที่ 10 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิห้อง ส่วนแรงที่กระแทกนั้นหาได้จากการวัดค่าจากเครื่อง Stain Gauge นอกจากนั้นในการทดลองนี้ต้องการการศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งการตกกระแทก ว่าจะมีผลต่อลักษณะของการเน่าเสียอย่างไร

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษามะนาวได้เพื่อเอาไปประยุกต์ใช้ในเก็บรักษามะนาวให้มีคุณ ภาพดียิ่งขึ้นอาจจะเอาไปประยุกต์ใช้ในหลักด้านการตลาด เพื่อได้ขายมะนาวที่เก็บได้ทันก่อนที่มะนาวจะเน่าเสีย

2. ได้วิเคราะห์ถึงจุดตกกระทบของมะนาวว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรระหว่างจุดกระทบกับตำแหน่งการตกกระทบของการตก

งานวิจัยนี้เริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่นลักษณะทางกายภาพของมะนาว การเก็บรักษามะนาว การกระแทกและความเสียหายต่างๆ เช่น การช้ำ การบวม รวมทั้งความเสียหายทั้งหมดที่เกิดขึ้น จากนั้นจะนำมาชั่งหาน้ำหนัก และทำการวัดแรงจากการตกกระแทก พร้อมทั้งศึกษาตำแหน่งการตกกระแทกและการเปลี่ยนแปลงของลูกมะนาว เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***สัมประสิทธ์**

คืออัตตราส่วนของแรงที่กระทำต่อมะนาว (กรัม)ส่วนด้วยน้ำหนักของมะนาว (กรัม)

การแบ่งความเสียหาย

แบ่งได้เป็น 6 ระดับความเสียหายดังนี้

1 หมายถึง เขียวปกติ

2 หมายถึง เขียวอมเหลือง

3 หมายถึง เหลืองทั้งลูก

4 หมายถึง เหลืองมีรา

5 หมายถึง น้ำตาลมีรา

6 หมายถึง น้ำตาล -แห้ง

การแบ่งช่วงเวลา

ช่วงที่ 1 หมายถึง 2-4 วัน

ช่วงที่ 2 หมายถึง 6-8 วัน

ช่วงที่ 3 หมายถึง 10-16 วัน

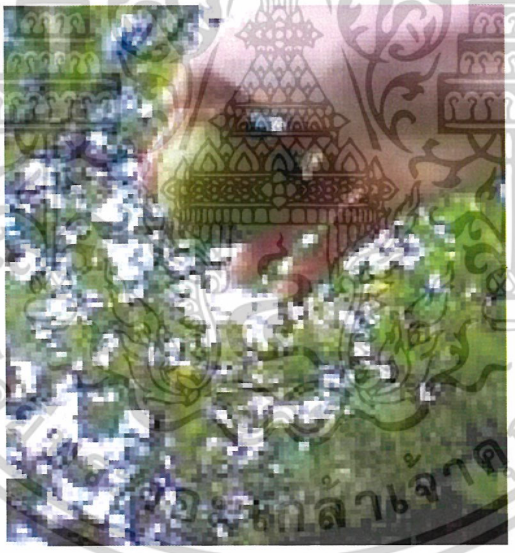
ช่วงที่ 4 หมายถึง 18-30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ข้อมูลทฤษฎีเบื้องต้น

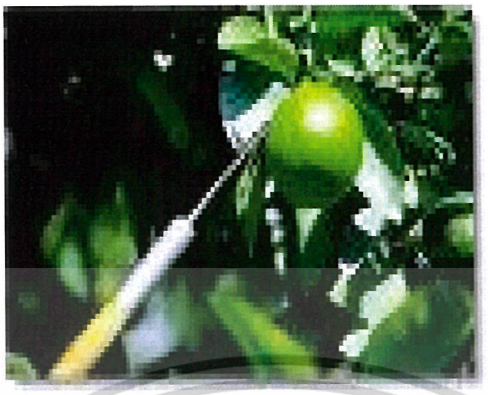
2.1 บทนำ

หากหากมะนาวมีต้นที่ไม่สูงมากนัก ชาวสวนจะใช้มือปลิดลูกมะนาวจากต้น แต่ถ้าหากต้นสูง ก็จะเก็บโดยใช้มีด หรือตะขอผูกติด กับด้ามไม้รวกยาว ๆ คล้อง และกระตุกผลมะนาวลงมา ในการเก็บเกี่ยวควรเก็บในขณะที่ผลเริ่มแก่ โดยสังเกตจากด้านขั้วของผลเริ่มมีสีเหลือง เล็กน้อยผิวเปลือกจะเรียบบางใส มีสีเขียวอ่อนกว่าผลที่ยังไม่แก่ เมื่อบีบดูจะค่อนข้างนุ่มมือ ไม่ควรเก็บมะนาวที่แก่เกินไป เพราะเปลือกจะบางมาก ทำให้เกิดความเสียหาย ในการขนส่งได้ง่าย อีกทั้งเมื่อนำไปขายจะทำให้ขายได้ไม่นานผลเน่าเสียหายได้เร็ว



รูปที่ 2.1 การใช้มือเก็บจากต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

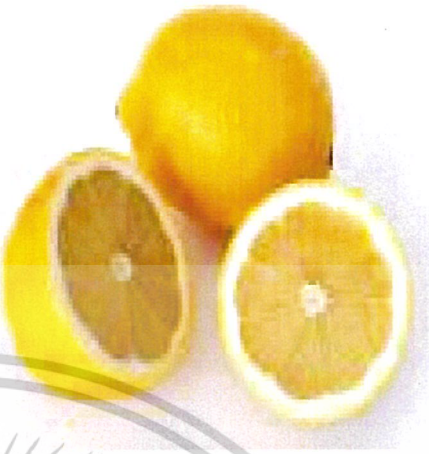


รูปที่ 2.2 การใช้ตะขอเกี่ยวจากต้น

มะนาว (lime)เป็นไม้ผลชนิดหนึ่ง ผลมีรสเปรี้ยวจัด จัดอยู่ในสกุล ส้ม (Citrus) ผลสีเขียว เมื่อสุกจัดจะเป็นสีเหลือง เปลือกบาง ภายในมีเนื้อแบ่งกลีบๆ ชุ่มน้ำมาก นับเป็นผลไม้ที่มีคุณค่า นิยมใช้เป็นเครื่องปรุงรส นอกจากนี้ยังถือว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและทางการแพทย์ด้วย สำหรับชื่อสามัญนั้น ในหลายท้องถิ่นก็เรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น ในภาษาอังกฤษ เรียก Mexican lime, West Indian lime, และ Key lime หรือเรียก lime สั้นๆ ก็ได้ มะนาว (lime) ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 ประเภทใหญ่ๆคือสายพันธุ์ Tahiti ซึ่งมีลักษณะใหญ่ เปลือกหนา และอีกสายพันธุ์คือ Mexican lime ซึ่งมีลักษณะเปลือกบาง ลูกเล็กกว่า มีกลิ่นเฉพาะ ซึ่งมะนาวไทยถ้าแบ่งตามสายพันธุ์เหล่านี้แล้วจะอยู่ในประเภท Mexican lime โดยธรรมชาติแล้วมะนาวสามารถปรับตัวได้ดีในเขตร้อนชื้น ลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ และเกิดการแปรผันของสายพันธุ์ได้ ดังนั้นในประเทศไทยพบว่าประเทศไทยมีมะนาวประเภท Mexican lime ที่มีความแตกต่างกันทางรูปทรงและคุณสมบัติบางประการ เช่น มะนาวแป้น มะนาวหนัง ฯลฯ ซึ่งจะมีชื่อเรียกทางท้องถิ่นและตามความนิยม แต่โดยสรุปแล้วก็ยังเป็นสายพันธุ์ดังเดิมคือ Mexican lime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 มะนาวประเภท Lime



รูปที่ 2.4 มะนาวประเภท Lemon

เนื่องจากว่าเป็นพืชที่ปรับตัวง่าย ปลูกได้ในหลายพื้นที่มีการกลายพันธุ์โดยทางพันธุกรรมมีหลายสี มีหลายสีตั้งแต่ สีเหลือง สีส้ม ไปจนถึงสีแดง มะนาวเป็นพืชจำพวก citrus ที่นิยมในประเทศไทย มะนาวสีเขียวซึ่งมาจากคลอโรฟิลล์ เป็นสีที่สลายตัวง่ายที่สุด ปัญหาสำคัญที่ทำให้มะนาวมีอายุการเก็บรักษาสั้นได้แก่ การที่มะนาวเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและเป็นสีน้ำตาล การเหี่ยวอันเนื่องมาจากการคายน้ำภายในเวลาประมาณ 2 อาทิตย์

2.1.1 พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย

- มะนาวไข่ ผลกลม หัวท้ายยาว มีสีอ่อนคล้ายไข่เป็ด ขนาด 2-3 เซนติเมตร เปลือกบาง
- มะนาวแป้น ผลใหญ่ ค่อนข้างกลมแป้น เปลือกบาง มีน้ำมาก นิยมใช้บริโภคมากกว่าพันธุ์อื่นๆ
- มะนาวหนัง ผลอ่อนกลมยาวหัวท้ายแหลม เมื่อโตเต็มที่ผลจะมีลักษณะกลมค่อนข้างยาว มีเปลือกหนา ทำให้เก็บรักษาผลได้นาน
- มะนาวทราย ทรงพุ่มสวยใช้เป็นไม้ประดับ ให้ผลตลอดปีแต่ไม่ค่อยนิยมบริโภค เพราะน้ำมีรสขมเจือปน
- มะนาวพันธุ์อื่น ๆ ได้แก่ มะนาวฮิตาชิ, มะนาวหวาน, มะนาวปีนัง, มะนาวโมพี, มะนาวพม่า, มะนาวเตี้ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 มะนาวไข่

รูปที่ 2.6 มะนาวหนัง

รูปที่ 2.7 มะนาวแป้น

2.1.2 การหายใจของผักผลไม้

ผลไม้สดที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วยังคงมีชีวิตอยู่ ยังมีการดำเนินขบวนการหายใจซึ่งต้องนำเอาออกซิเจนไปใช้เผาผลาญอาหารสะสมที่อยู่ภาย ในและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เช่นเดียวกับมนุษย์ และสัตว์ อาหารของผลไม้คือแป้งและน้ำตาลที่สะสมอยู่ในตัวของผลไม้ หลังจากถูกเก็บเกี่ยวหรือตัดมาจากต้นแล้ว ดังนั้นยิ่งผัก-ผลไม้มีการหายใจและใช้อาหารไปมากเพียงใด ชีวิตของผักและผลไม้ก็จะสั้นลงไปเรื่อย ๆ แล้วในที่สุดก็จะเหี่ยวแห้งไป

นอกจากนี้การเหี่ยวเฉาและเน่าเสียของผัก-ผลไม้สดยังสามารถ เกิดขึ้นได้จากการเข้าทำลายของเชื้อโรค ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการที่ไม่ได้รับการดูแลเอาใจใส่ผัก-ผลไม้ให้ดี เช่น หยิบ จับหรือวางอย่างรุนแรง ทำให้ผักและผลไม้ช้ำ มีบาดแผล ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและยังทำให้ผัก-ผลไม้หายใจมากขึ้นด้วย เพราะฉะนั้นหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผัก-ผลไม้ให้ยาวนานขึ้น เราก็จะต้องลดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หายใจของผักและผลไม้ลงมา โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับผัก-ผลไม้นั้น และจะต้องระวังไม่ให้เชื้อโรคเข้ามาทำลายผัก-ผลไม้ได้

2.2 การตกกระแทกและการเสียหายเชิงกล

ในการขนส่งผลผลิตการเกษตรนั้น จะต้องมีการคำนึงถึงการเสียหายของผลผลิต ซึ่งการเสียหายเหล่านี้อาจเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต การจัดเก็บ รวมไปถึงการจัดจำหน่าย หากผลผลิตเกษตรถึงมือผู้บริโภคในลักษณะที่มีการเสียหาย เช่น มีรอยช้ำ รอยแตก บิดเบี้ยวเสียรูปทรง ก็อาจทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจไม่เลือกซื้อสินค้านั้น ๆ อีกทั้งการเสียหายเหล่านี้ เป็นแหล่งเพาะสะสมแบคทีเรียและเชื้อ-ราเป็นอย่างดี หากไม่มีการจัดการที่ถูกต้องแล้ว

รูปที่ 2.8 แสดงความเสียหายจากการกระแทก

2.3 วิธีการเก็บรักษามะนาว

2.3.1 การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นวิธีการที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถ ชะลออัตราเมแทบอลิซึม (metabolism) ของผลผลิต และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ อุณหภูมิที่เหมาะสม ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่าง 10 – 15 °C ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุทางสรีรวิทยาของผลิตผล ถ้าเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำเกินไป อาจทำ ให้เกิดสะท้านหนาว (chilling injury) ได้ ลักษณะสะท้านหนาวของผลมะนาว คือ เกิดรอยบุ๋มเล็ก ๆกระจายทั่วทั้งผล การเก็บผลไม้โดยทั่วไปอุณหภูมิ 9 – 10 °C ความชื้นสัมพันธ์ 85 – 90 % สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้นาน 6 – 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การฝังในทรายชื้นหรือแกลบชื้น

การฝังในทรายชื้นหรือแกลบชื้นและวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวได้นาน 21 วัน และเริ่มพบผลเน่าที่อายุการเก็บรักษา 14 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 10 –12 ซ. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น วิธีนี้มักพบปัญหาการเข้าทำ ลายของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะผลที่มีตำหนิการฝังในทรายชื้นหรือแกลบชื้นลดอัตราการคายน้ำของผล จึงช่วยรักษาความเต่งของผล และชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้

รูปที่ 2.9 แสดงการเก็บรักษาแบบฝังทราย

2.3.3 การบรรจุในถุงพลาสติก

จากการศึกษาจะพบว่าการบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทและเจาะรูจะช่วยลดอัตราการคายน้ำและการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายในและภายนอกผล จึงทำ ให้ลดอัตราการหายใจและสังเคราะห์เอทิลีนได้บ้าง แต่วิธีการบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท ควรเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำที่เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำ ให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ผลเน่าและกลายเป็นขบวนการหมัก (Fermentation) ได้ ผลมะนาวที่เก็บในถุงพลาสติกเจาะรูที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน โดยที่ผลเหี่ยวเล็กน้อย และมีสีเขียวปนเหลือง แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะนาวในถุงพลาสติกปิดสนิทมีอายุการเก็บรักษานาน 13 สัปดาห์ ซึ่งนานกว่าผลมะนาวในถุงพลาสติกเจาะรู

2.3.4 การเคลือบผิว

การเคลือบผิวของผลมะนาวด้วยไข สามารถลดอัตราการคายน้ำของผลและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อผสมสารป้องกันกำ จัดโรคพืชกับสารละลายไข นอกจากนี้ไขบางชนิดยังทำ ให้ผิวมะนาวมีสีสดใสเป็นมัน การเคลือบผิวมะนาวด้วย Tag แล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง ผลมะนาวจะเก็บไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาน 18.3 วัน ในขณะที่ไม่เคลือบผิวจะเก็บได้นาน 8 วัน การเคลือบผิวมะนาวด้วยไข Stafresh 360 เข้มข้น 50 – 70% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ที่ 14 ซ. โดยที่ผลมีสีเหลืองปนเขียวและเหี่ยวเล็กน้อย

2.3.5 การใช้จิบเบอเรลลิน

จิบเบอเรลลิน เป็นฮอร์โมนพืชที่นำ มาใช้ในการชะลอการสุกและเสื่อมสภาพของพืชบางชนิดหลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยจิบเบอเรลลินช่วยชะลอการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นเหลือง แต่ไม่ชะลอลักษณะการสุกอื่น ๆกาสังเคราะห์จิบเบอเรลลินที่มีการใช้ในการเกษตรอย่างกว้างขวางคือจิบเบอเรลลิค เอสิดจัดเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการนำ มาใช้กับอาหาร โดยที่มีค่า LD50 มากกว่า 15,000 การแช่ผลมะนาวในสารละลาย GA3 ที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 400 ppm. สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะนาว จากสีเขียวเป็นเหลืองได้ 4 สัปดาห์ ดังนั้นการนำ จิบเบอเรลลินไปใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วน่าจะช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวได้ดียิ่งขึ้น

2.4 ข้อสมมุตติฐานเบื้องต้น

การตกกระแทกทำให้เกิดการกระทบกระเทือนในผลไม้อันเกิดจากหลายสาเหตุ สาเหตุหลักๆคือการเก็บเกี่ยวที่ไม่ดี เช่นการเขย่าต้นทำให้ลูกตกลงมาเองหรือการโยนผลผลิตในการขนส่ง

จากที่ได้เลือกที่จะเก็บรักษามะนาวด้วยวิธีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือที่10 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและยังรักษามะนาวได้เป็นเวลาหากมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นอย่างดี สามารถเก็บได้นานถึง 6 ถึง 8สัปดาห์ เคยมีกลุ่มผู้ลงทุนกลุ่มหนึ่ง ได้ทำการเก็บรักษามะนาวด้วยแนวคิดดังกล่าว จึงได้นำมะนาวที่เก็บมาจากสวน มาทำการล้างเพื่อฆ่าเชื้อแล้วนำมาเก็บเข้าห้องควบคุมอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 10 องศาเซลเซียส มะนาวที่เก็บไว้เกิดการเน่าเสีย เป็นสีเหลืองบ้าง มีรอยฟกช้ำบ้าง จึงทำให้ทางโรงงานดังกล่าวไม่ประสบความสำเร็จ ภายหลังพบว่ามะนาวที่ทางบริษัทรับซื้อเป็นมะนาวที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีแบบดั้งเดิม คือเก็บตก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทดลองของ F.J Garcia-Romos

F.J.Grecai-Romos ทำการทดสอบการตกที่ระยะต่างกันของแอปเปิ้ลโดยทำการทดสอบแอปเปิ้ลทั้งหมด 648 ลูก ค่าเฉลี่ยความแข็งของแอปเปิ้ลประมาณ23.4 N ที่ความสูง 4 , 8 , 12 , 16 , 20 , 24 และ 28 cm ทำการทดสอบตกกระแทกลงบนถาดที่ทำจากวัสดุที่ต่างกัน พบว่าเกิดความเสียหายไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองของV.A.McGlone

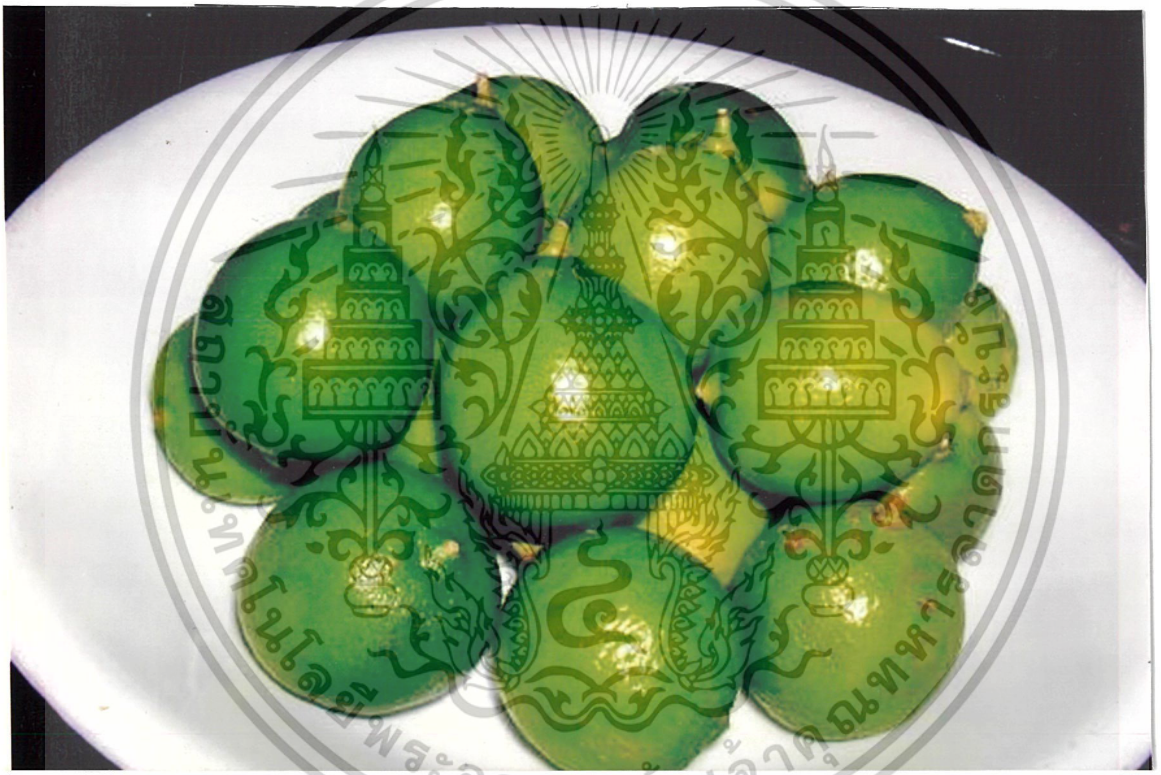
ทดสอบโดยตกกระแทกของกีวีที่ระยะตกต่างกันที่4ระยะความสูง (Drop test) นำผลกีวีมาบรรจุในห้องเย็น ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วันนำผลผลิตมาหาค่าความแข็งของเนื้อ ผลกีวีเป็นผลไม้ที่มีความแข็งทำการทดลองตกที่ความสูง 25 , 30 , 40 , 50 mm หลังจาก 6 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ตรวจสอบความเสียหายภายหลัง 6 สัปดาห์ พบว่าบริเวณที่ถูกกระแทกมีความเสียหาย เช่น การฟกช้ำ การบวมน้ำ

จากการทดลองที่กล่าวจะเห็นได้ว่าผลผลิตส่วนใหญ่ที่เกิดจากการกระทบกระเทือนมักจะเกิดอาการเน่าเสียง่ายกว่าผลไม้ที่จากการเก็บเกี่ยวอย่างดี สำหรับมะนาวจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าการเก็บเกี่ยวมะนาวโดยใช้วิธีสอยให้หล่นจากต้นสู่พื้น อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาในห้องเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้มะนาวที่เป็นพันธุ์มะนาวแป้นซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมใช้มากที่สุด เป็นผลสดที่เก็บจากต้นเพื่อนำมาทำการศึกษาโดย ไม่มีการตกกระแทก เป็นมะนาวที่ได้จากสวนใน อ. สามพราน จังหวัดนครปฐม ในการทดลองนั้นจะทดลองกับมะนาวทั้งหมด 300 ลูก โดยแต่ละลูกมีน้ำหนักและขนาดที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉลี่ยผลมะนาวจะมีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม ดังรูปที่3.1



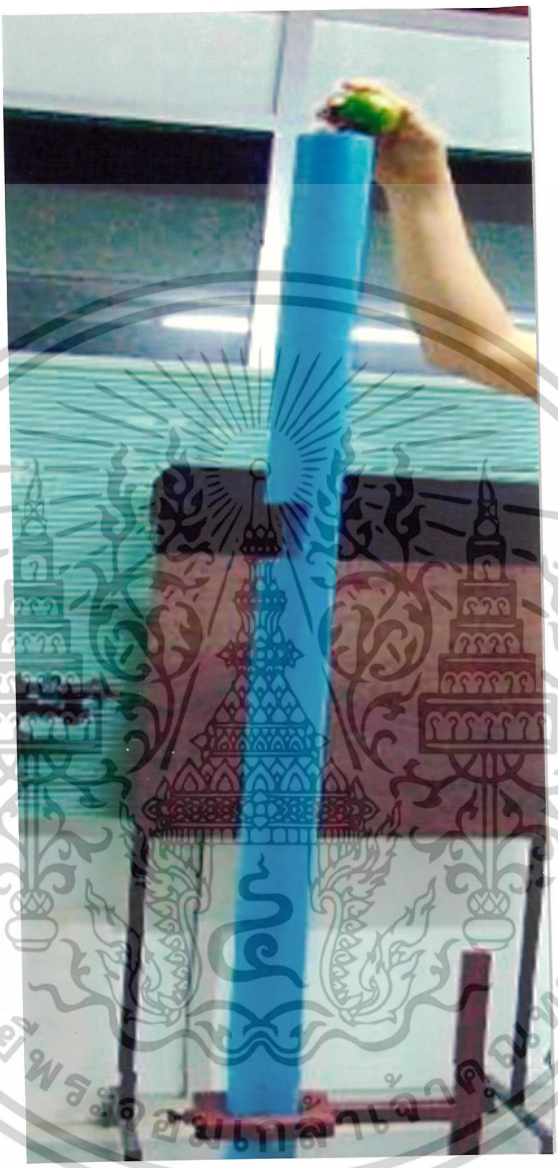
รูปที่3.1 ภาพตัวอย่างมะนาวที่นำมาทำการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- ท่อ PVC แบบเจาะรูที่ความสูงต่างๆ
- เครื่องสเตนเกจ
- แป้ง และ ปากกามาร์คเกอร์ (เพื่อวงหาจุดที่กระแทกพื้น)
- ถุงพาลาสติก

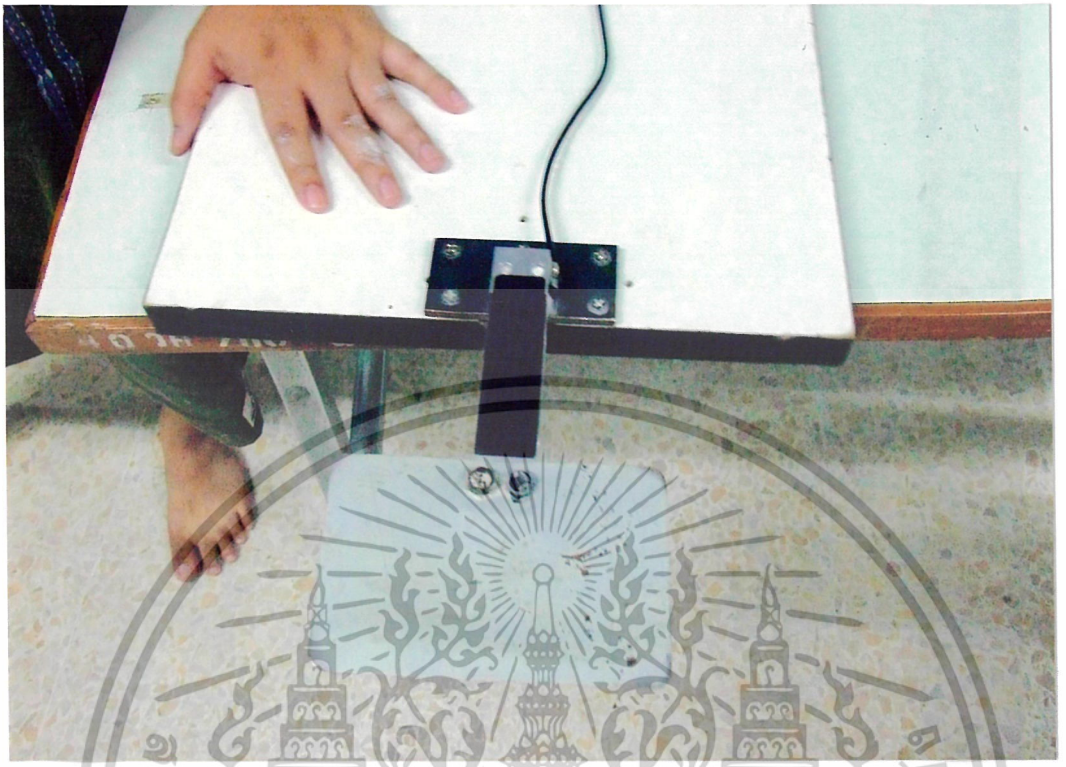
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตู้เย็น
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.2 ท่อPVC เจาะรูที่ระยะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เครื่องสเตนเกจเครื่องแรกที่ใช้

รูปที่3.4 เครื่องมอนิเตอร์แสดงผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

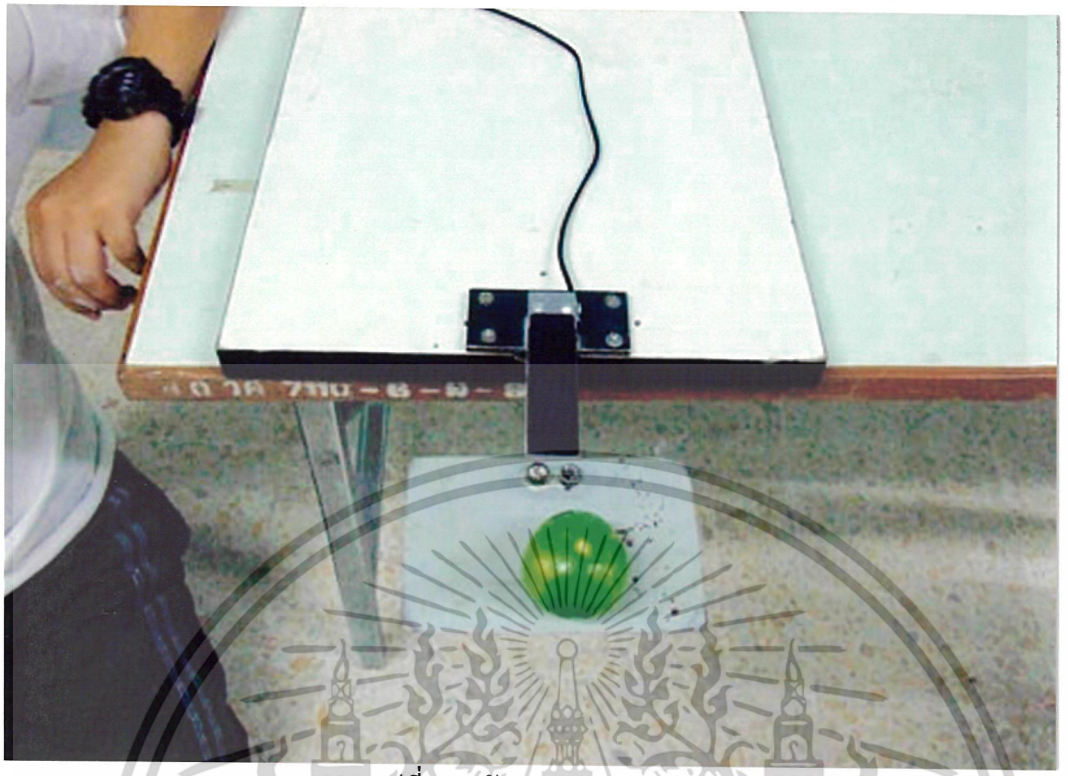
รูปที่ 3.5 ตู้เย็นที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เก็บมะนาวด้วยมือเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายก่อนนำมาทดลอง
2. ล้างมะนาวด้วยคลอรีนเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา
3. ใช้แป้งโรยบริเวณอุปกรณ์รับแรงกระแทกเพื่อที่ผลมะนาวกระแทกแผ่นรับแรงกระแทก เพื่อทราบถึงตำแหน่งของการตกกระแทกของมะนาว
4. ชั่งน้ำหนักมะนาวแต่ละผลและหย่อนมะนาวที่ระยะความสูง 0.5 , 1 , 1.5 , 2 เมตร ตามลำดับ โดยแต่ละระยะความสูงใช้มะนาวจำนวน 50 ผล
5. ใช้ปากกามาร์คเกอร์วงจุดที่มะนาวตกกระทบ
6. นำมะนาวที่การตก เก็บใส่ถุงที่เจาะรู จำนวนถุงละ 10 ผล
7. เก็บมะนาวแยกตามระดับความสูง 0 , 0.5 , 1 , 1.5 , 2 เมตร ตามลำดับในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ 10 ˚C
8. นำมะนาวจำนวน 50 ผล ที่ล้างทำความสะอาดแล้ว นำมาเก็บไว้โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ
9. ตรวจสอบผลการทดลองทุก 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.6 ลักษณะการตกกระแทก

103135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

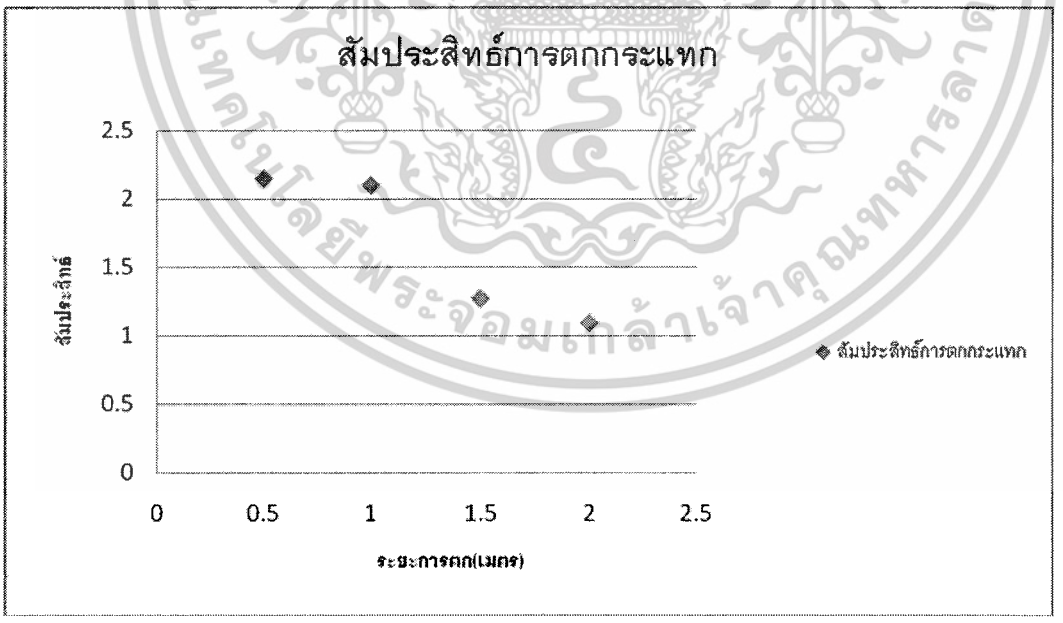
เมื่อนำมะนาวที่ทำความสะอาดแล้วมาหาน้ำหนักและทำการตกกระแทกกับเครื่อง stain guage ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1 น้ำหนักของมะนาว (ในการทดลองครั้งที่ 1)

ในการทดลองได้นำมะนาวทั้งหมดจำนวน 300 ลูก มาทำการชั่งเพื่อหาน้ำหนักของมะนาวในแต่ละลูก แล้วทำการจดบันทึกน้ำหนักและแรงตกกระทบเฉลี่ยได้ผลดังนี้

ระยะการตกกระแทก(m)	0.5	1.0	1.5	2.0
น้ำหนักมะนาวโดยเฉลี่ย(g)	52.10	52.01	50.24	49.36
แรงตกกระทบโดยเฉลี่ย(g)	112.38	108.81	63.97	53.77
สัมประสิทธ์การตกกระแทก	2.15	2.10	1.27	1.09

ตารางที่ 4.1 ระยะการตก น้ำหนัก และแรงตกกระทบ



กราฟที่4.1 ค่าสัมประสิทธ์ในแต่ละระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนวันที่ผ่านไป	จำนวนผลมะนาวเสียหายเฉลี่ย	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
6	-	1
8	-	2
12	-	3
14	3.2	4
16	4	5
30	1.2	6

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

*ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว

1 หมายถึง เขียวปกติ

2 หมายถึง เขียวอมเหลือง

3 หมายถึง เหลืองทั้งลูก

4 หมายถึง เหลืองมีรา

5 หมายถึง น้ำตาลมีรา

6 หมายถึง น้ำตาล –แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่มีการควบคุมอุณหภูมินั้น ผลการทดลองพบว่ามะนาวไม่เกิดการเสียหาย ซึ่งมีเฉพาะการเปลี่ยนสีเท่านั้น ซึ่งเป็นไปตามตารางด้านล่าง

ระยะการตก (เมตร)	ลักษณการเปลี่ยนแปลง			
	จำนวนวัน			
	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	ช่วงที่ 4
0.5	1	2	2	2
1	1	2	2	3
1.5	1	2	2	3
2	1	2	2	3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงลักษณการเปลี่ยนแปลงของมะนาว

การแบ่งช่วงเวลา

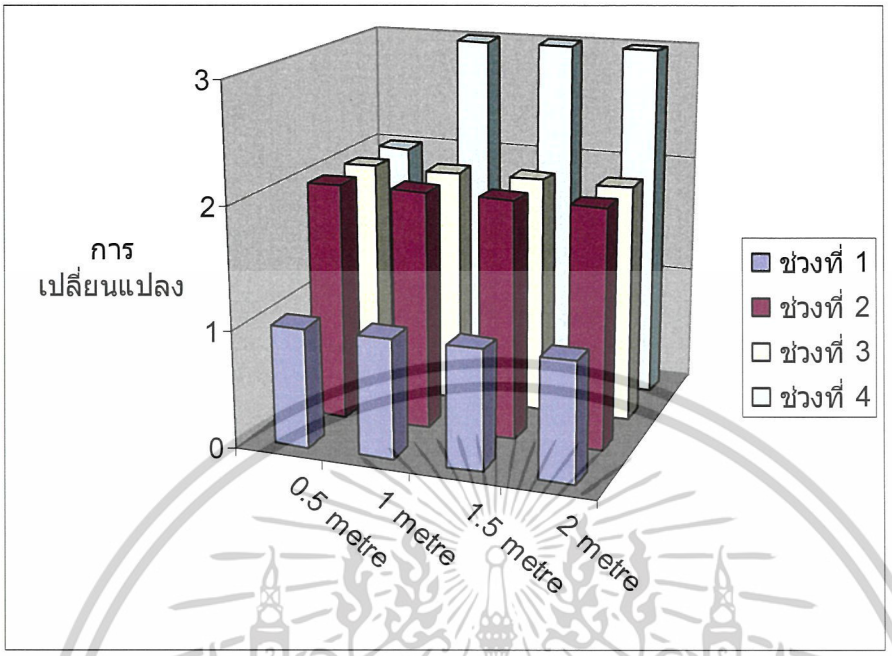
ช่วงที่ 1 หมายถึง 2-4 วัน

ช่วงที่ 2 หมายถึง 6-8 วัน

ช่วงที่ 3 หมายถึง 10-16 วัน

ช่วงที่ 4 หมายถึง 18-30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่อุณหภูมิ 10 °C

ระยะการตก	ตำแหน่งที่ตก (จำนวนลูก)		
	หัว	กลางผล	ก้น
0 เมตร ไม่มีควบคุมอุณหภูมิ	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก
0 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก
0.5 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	8	28	14
1.0 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	13	23	14
1.5 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	18	19	13
2.0 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	8	24	18

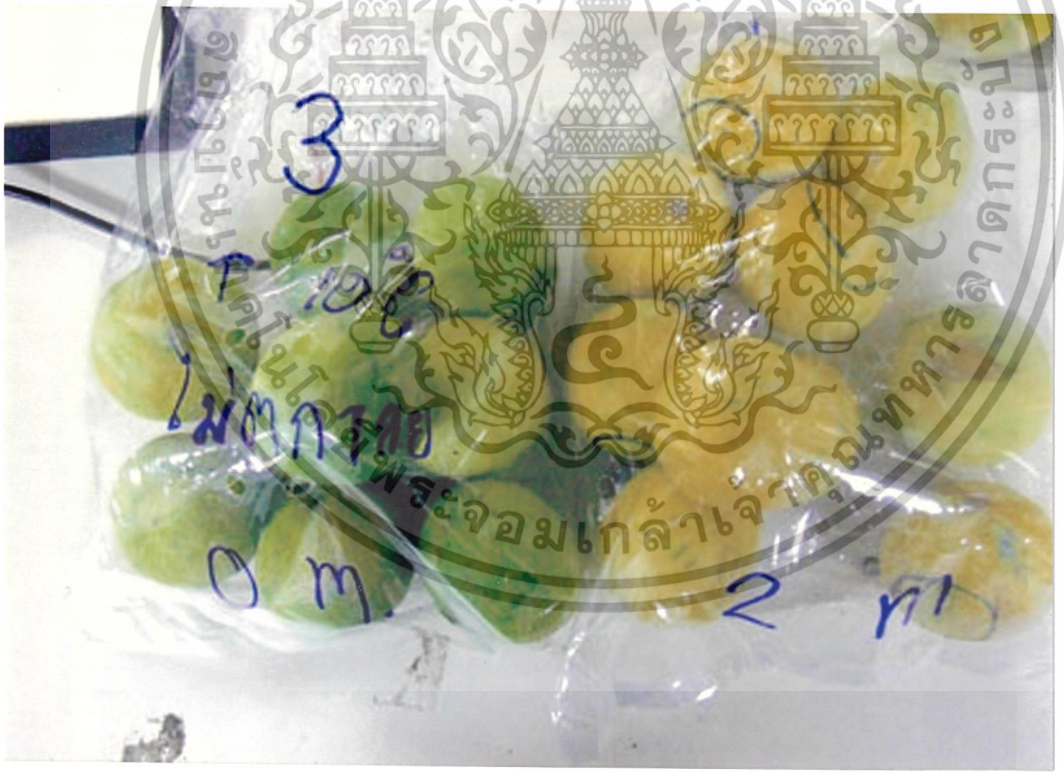
ตารางที่ 4.4 จำนวนมะนาวที่มีการตกที่ตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะการตก	ตำแหน่งที่มีการเสียหาย		
	หัว	กลางผล	ก้น
0 เมตร ไม่มีควบคุมอุณหภูมิ	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก
0 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก	ไม่มีตำแหน่งตก
0.5 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ
1.0 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ
1.5 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ

ตารางที่ 4.5 ตำแหน่งที่แสดงความเสียหายที่ระยะตกต่างๆ

4.2 ลักษณะของมะนาวหลังทำการทดลอง (ในการทดลองครั้งที่ 1)



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบสีระหว่างที่ระยะ 2 m และ 0 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 ผลของมะนาวส่วนใหญ่ในการทดลองนี้

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

4.3 ผลการทดลอง

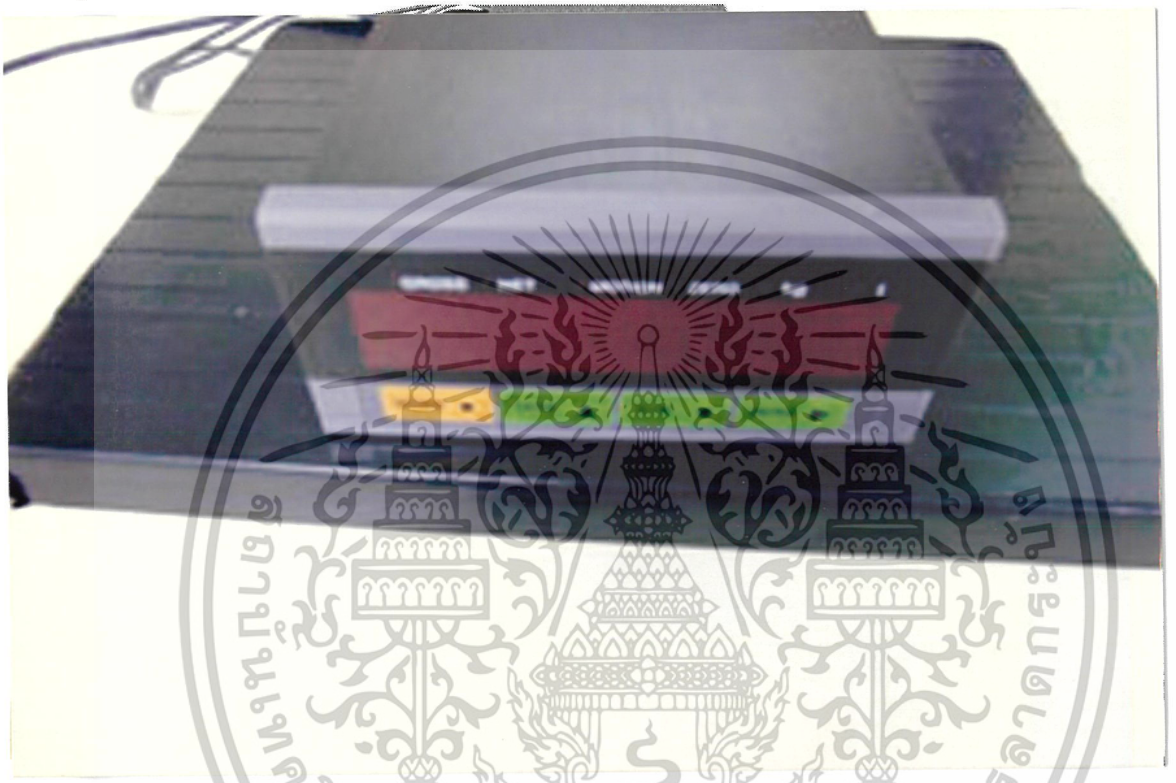
ครั้งที่ 1

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 ทำการเก็บมะนาวที่ตกกระทบที่ระยะความสูงต่างๆ พบว่ามะนาวไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งมีเฉพาะการเปลี่ยนแปลงสีเท่านั้น และเมื่อตรวจสอบข้อมูลแรงตกกระทบพบว่าสัมประสิทธิ์แรกตกกระแทกไม่เป็นไปตามความคาดหมาย กล่าวคือเมื่อระยะความสูงเพิ่มขึ้นแรงตกกระทบของมะนาวมีค่าน้อยลง จากผลการทดลองนี้ทำให้มีการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตกกระทบ พบว่าการออกแบบเครื่องรับแรงเป็นแบบคานซึ่งเชื่อมกับ Load cell เมื่อผลมะนาวตกจากที่สูงคานจะมีความยืดหยุ่น จึงทำให้ไม่สามารถรับแรงกระแทกให้ตรงไปเป็นตามจริงได้ ทางคณะจึงได้ศึกษาและออกแบบเครื่องวัดแรงตกกระทบแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 2

เมื่อทำการทดลองใหม่อีกครั้งโดยปรับแผ่นรองรับเพื่อไม่ให้มีการยืดตัวของแผ่นปรากฏว่าแรงที่ตกกระแทกและการเปรียบเทียบกับระยะความสูงที่ได้เป็นไปตามความคาดหมาย เมื่อปล่อยมะนาวที่ความสูงขึ้นจะให้แรงกระแทกที่มากขึ้นและในขณะเดียวกันเมื่อแรงกระแทกมีค่ามากขึ้น



รูปที่4.5 มีการปรับเครื่องรับแรงกระแทกและตัว load cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.6 เลือกพิกัดเครื่องใหม่ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น

รูปที่ 4.7 ออกแบบอุปกรณ์รับแรงในการทดลองครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 ลักษณะการตกกระทบของมะนาวที่มีต่ออุปกรณ์รับแรงกระแทกในการทดลองครั้งที่ 2

4.4 วิธีการทดลองที่ 2

1. เก็บมะนาวด้วยมือเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายก่อนนำมาทดลอง
2. ล้างมะนาวด้วยคลอรีนเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา
3. ใช้แป้งโรยบริเวณอุปกรณ์รับแรงกระแทกเพื่อที่ผลมะนาวกระแทกแผ่นรับแรงกระแทก เพื่อทราบถึงตำแหน่งของการตกกระแทกของมะนาว
4. ชั่งน้ำหนักมะนาวแต่ละผลและหย่อนมะนาวที่ระยะความสูง 0.5 , 1 , 1.5 , 2 เมตร ตามลำดับ โดยแต่ละระยะความสูงใช้มะนาวจำนวน 25 ผล
5. ใช้ปากกามาร์คเกอร์วงจุดที่มะนาวตกกระทบ
6. นำมะนาวที่ทดการตก เก็บใส่ถุงที่เจาะรู
7. เก็บมะนาวแยกตามระดับความสูง 0.5 , 1 , 1.5 , 2 เมตร ตามลำดับในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ 10 °C
8. ตรวจสอบผลการทดลองทุก 2 วัน

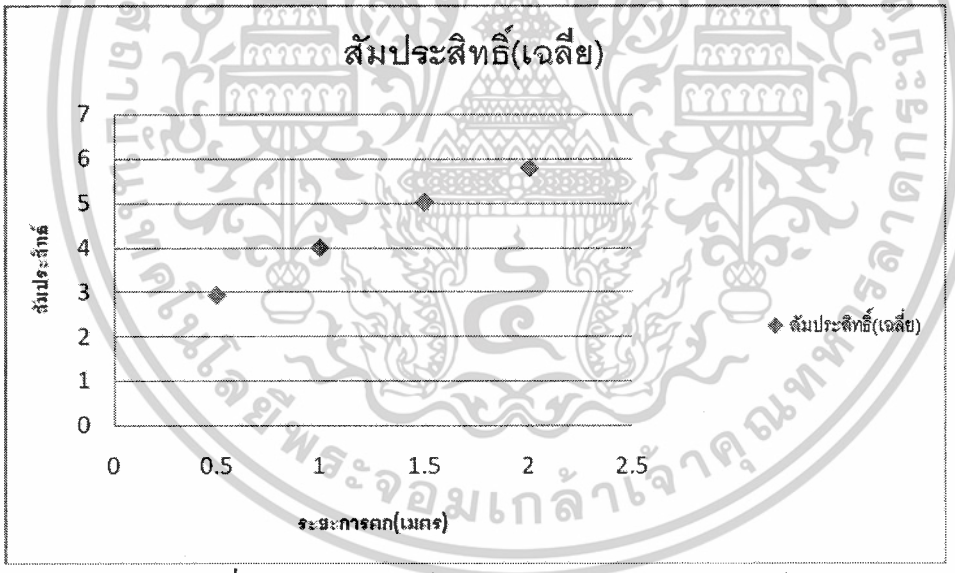
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลหารทดลอง

การทดลองครั้งที่ 2

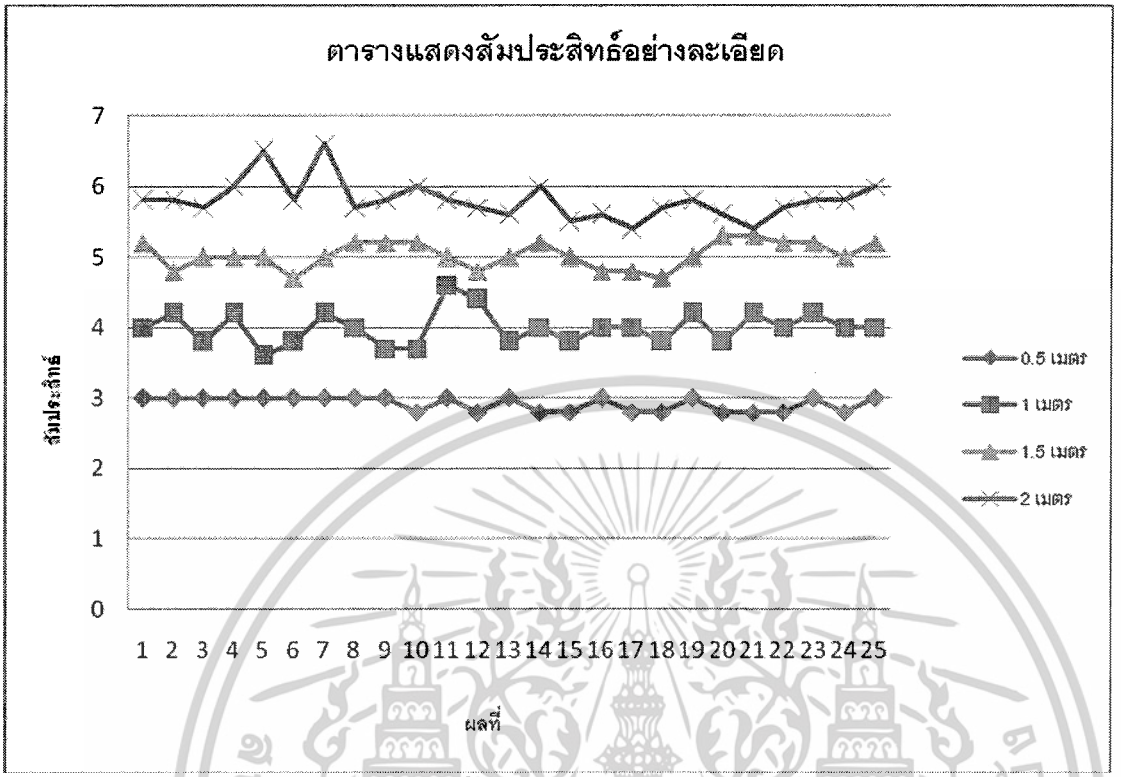
ระยะ(เฉลี่ย)	แรง(เฉลี่ย)	สัมประสิทธิ์(เฉลี่ย)
0.5	154.4	2.92
1	215.6	3.99
1.5	268.8	5.02
2	314.8	5.79

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าแรงและสัมประสิทธ์



กราฟที่4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตกกับสัมประสิทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่4.4 สัมประสิทธ์อย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะการตก (เมตร)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง			
	จำนวนวัน			
	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	ช่วงที่ 4
0.5	1	2	3	4
1	1	2	3	4
1.5	1	2	3	4
2	1	2	3	4

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

***4 หมายถึงเกิดการเน่าเสีย**

การแบ่งช่วงเวลา

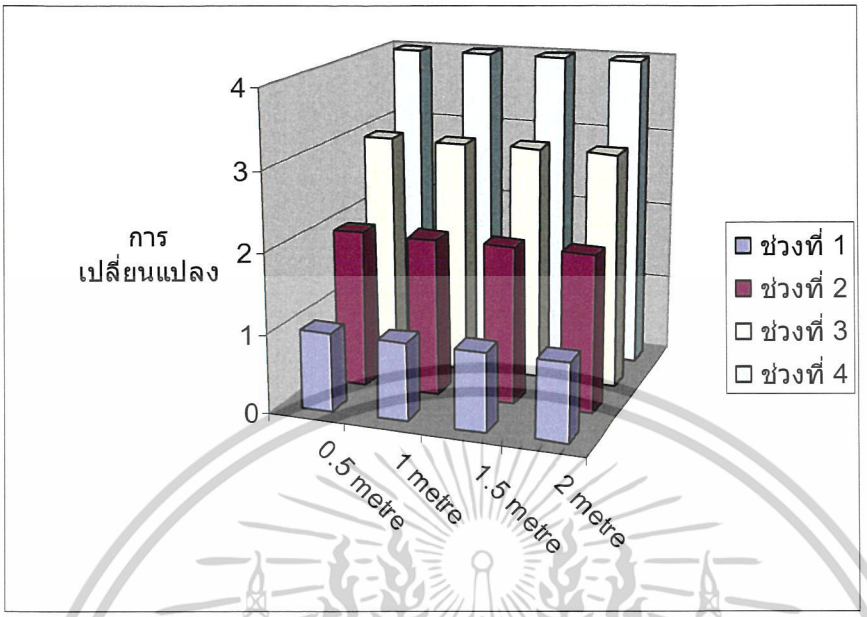
ช่วงที่ 1 หมายถึง 2-4 วัน

ช่วงที่ 2 หมายถึง 6-8 วัน

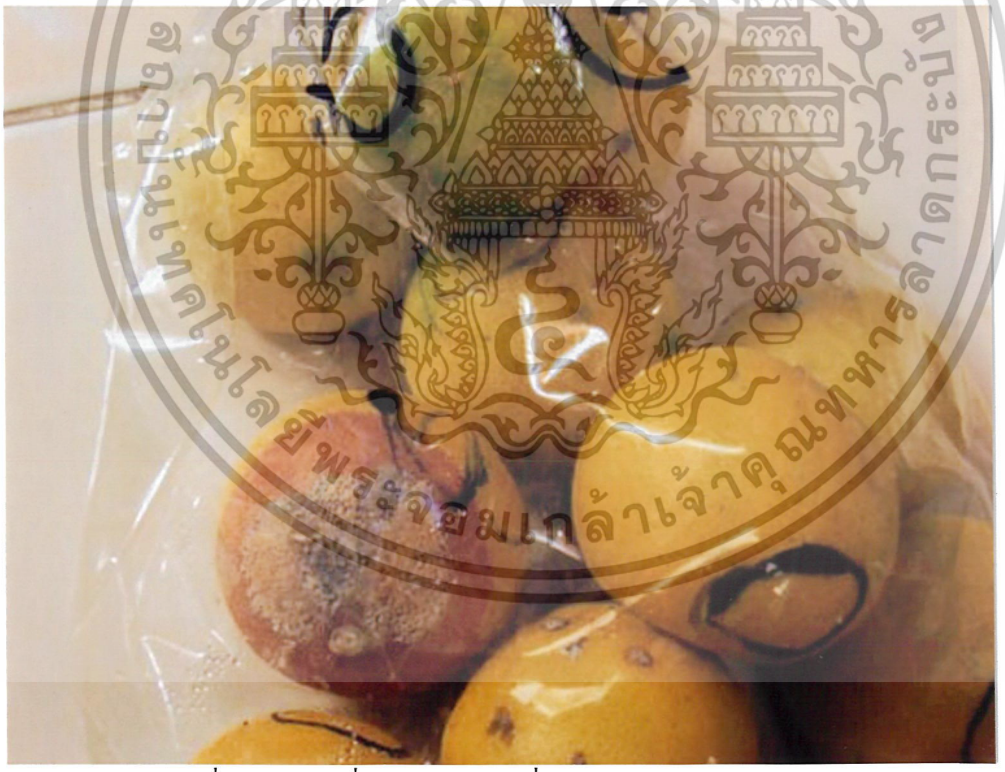
ช่วงที่ 3 หมายถึง 10-16 วัน

ช่วงที่ 4 หมายถึง 18-30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

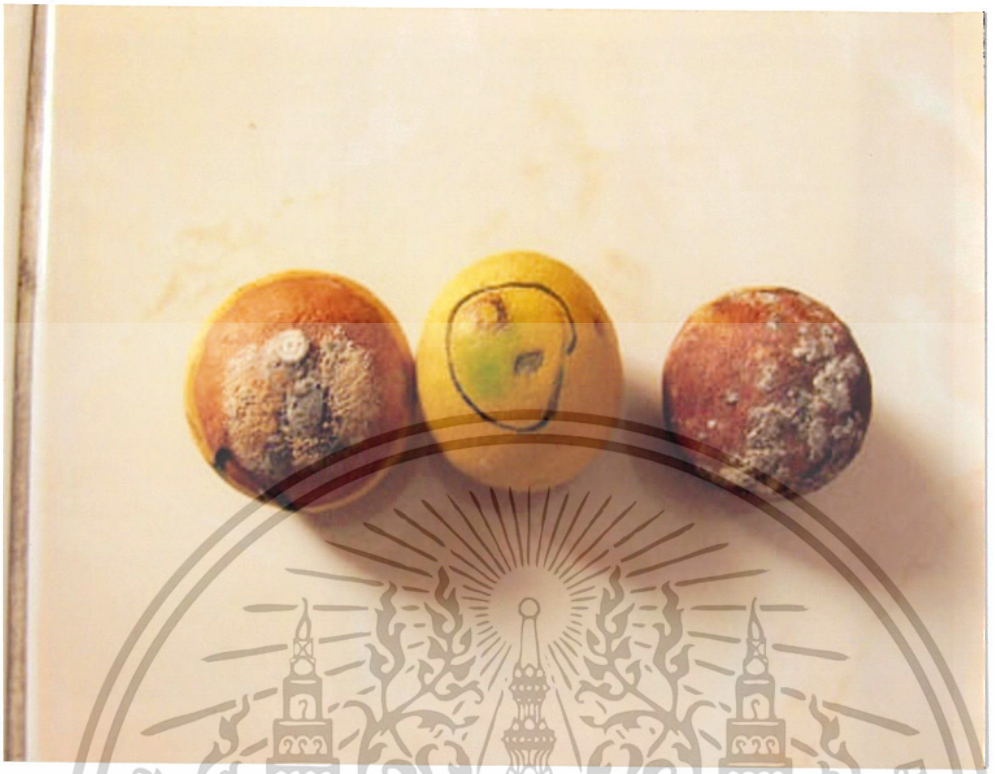


กราฟที่4.5 การเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่อุณหภูมิ 10 °C

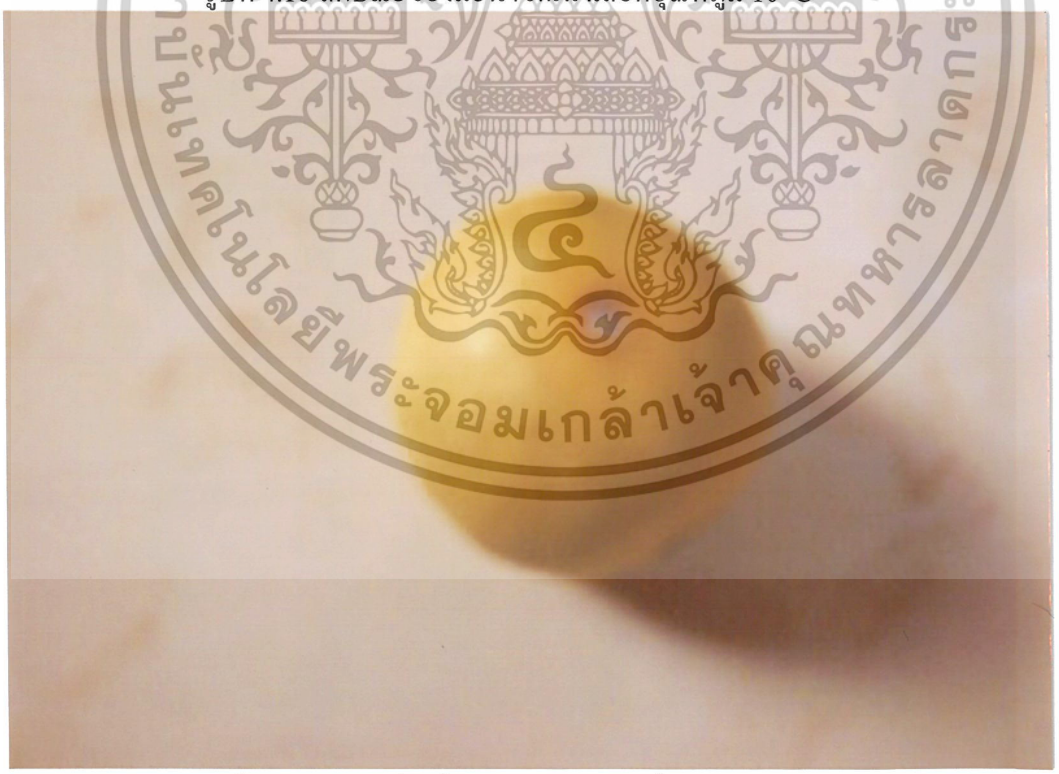


รูปที่4.9 มะนาวที่ระยะ 1.5 เมตรที่อุณหภูมิ 10 °C เวลา 20 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

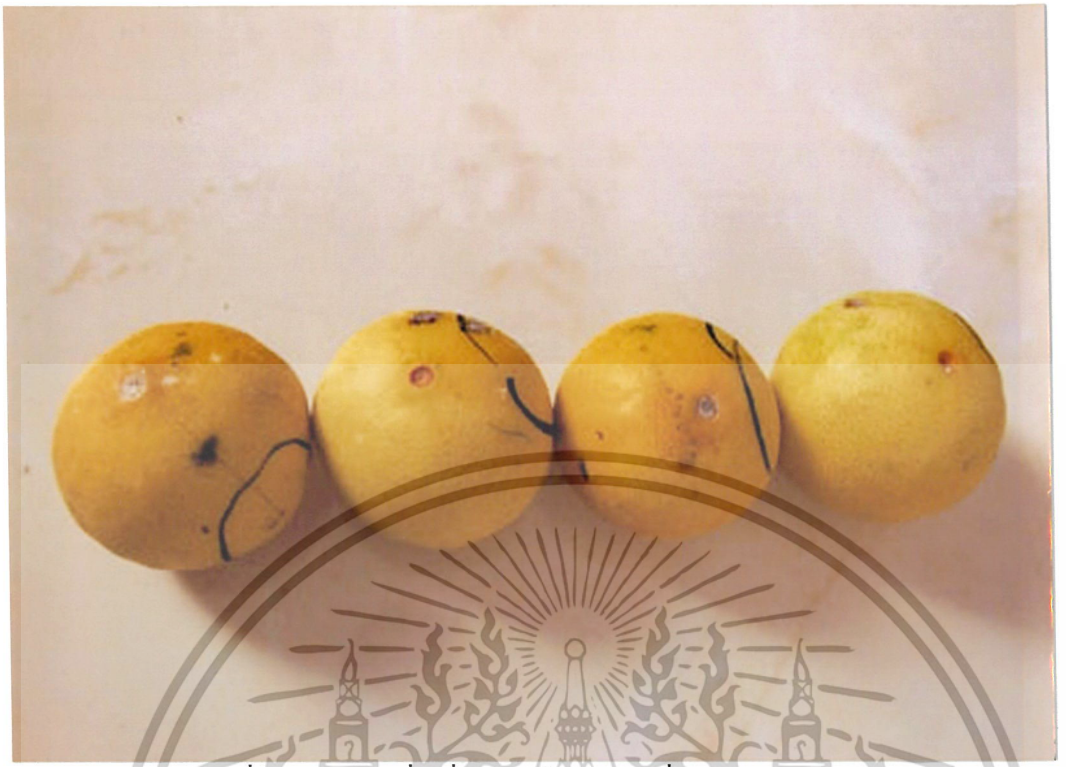


รูปที่ 4.10 ลักษณะของมะนาวที่เน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 °C

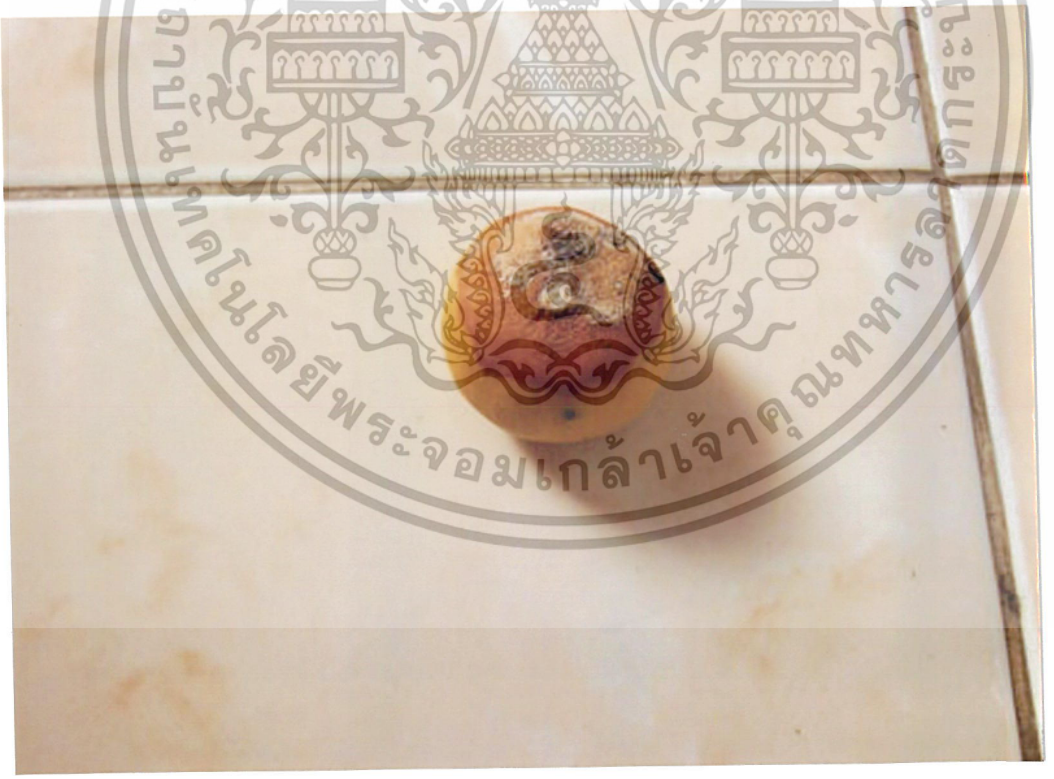


รูปที่ 4.11 มะนาวที่เปลี่ยนสีแต่ไม่เน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 มะนาวที่เปลี่ยนสีแต่ไม่เน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 ˚C



รูปที่ 4.13 การเน่าเสียเกิดที่ขั้วมะนาวที่อุณหภูมิ 10 ˚C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการที่ได้ทำการศึกษาการตกกระแทกของมะนาวที่ระยะต่างๆในการทดลองครั้งที่ 1 ที่มีผลต่อการเน่าเสียของมะนาวนั้น จากผลการทดลองที่1 (อุปกรณ์รับแรงกระแทกแบบคาน) พบว่ามะนาวที่ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียสนั้นไม่ว่าจะทำการตกกระแทกที่ระยะเท่าใดเกิดความเสียหายที่น้อยมาก ดังนั้นจึงได้ตรวจสอบกลับไปว่าเหตุใดการตกกระแทกของมะนาวนั้นแรงที่ได้จึงมีค่าที่ลดลง ทั้งที่มีระยะที่สูงขึ้น เมื่อมีการตรวจสอบพบว่าเมื่อมะนาวตกลงสู่แผ่นรองรับ เกิดการยืดตัวของคานซึ่งการยืดตัวของคานนั้นทำให้เกิดการabsorbแรงกระแทก ค่าแรงกระแทกที่ได้จึงไม่ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นเป็นสาเหตุว่าทำไมมะนาวที่ตกกระทบนั้นไม่เกิดความเสียหาย

จากผลการทดลองครั้งที่ 2 โดยเปลี่ยนอุปกรณ์รับแรงกระแทกใหม่ทำให้ได้ทราบค่าแรงที่กระทำต่อมะนาวที่แท้จริง จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อความสูงมากขึ้นค่าแรงทีกระทำต่อมะนาวมากขึ้นซึ่งตรงตามความคาดหมาย

จะเห็นได้ว่าเมื่อเอาแรงตกกระทบมาหารด้วยน้ำหนักพบว่าสัดส่วนระหว่าแรงทั้งสอง (ค่าสัมประสิทธ์แรงตกกระทบ) ของแต่ละระยะมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้สรุปได้ว่ามะนาวอาจจะมีขนาดที่ต่างกันออกไป ค่าสัมประสิทธิ์ (แรงที่ตกกระทบ/น้ำหนักของมะนาว) ก็ยังมีค่าใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่าเมื่อมะนาวที่ตกที่ระดับความสูงเดียวกันไม่ว่าจะมีขนาดเท่าใดก็จะมีค่าสัมประสิทธ์การตกกระทบเท่ากัน

นอกจากการทดสอบเพื่อหาความเสียหายที่ระยะต่างๆนั้นแล้ว ยังได้ทดสอบหาว่าตำแหน่งที่ตกนั้นมีผลต่อการเน่าเสียหรือไม่ จากการศึกษานั้นพบว่า ตำแหน่งที่ได้ใช้ปากกาวงไว้โดยรอบนั้นเป็นการชี้ตำแหน่งที่ตก แต่เมื่อเวลาผ่านไป ได้พบว่าตำแหน่งที่ใช้ปากกาวงรอบนั้นไม่เกิดความเสียหายใดๆ แต่กลับเกิดบริเวณอื่นจึง ทำให้สรุปได้ว่าตำแหน่งที่ตกไม่มีผลใดๆต่อการเน่าเสีย

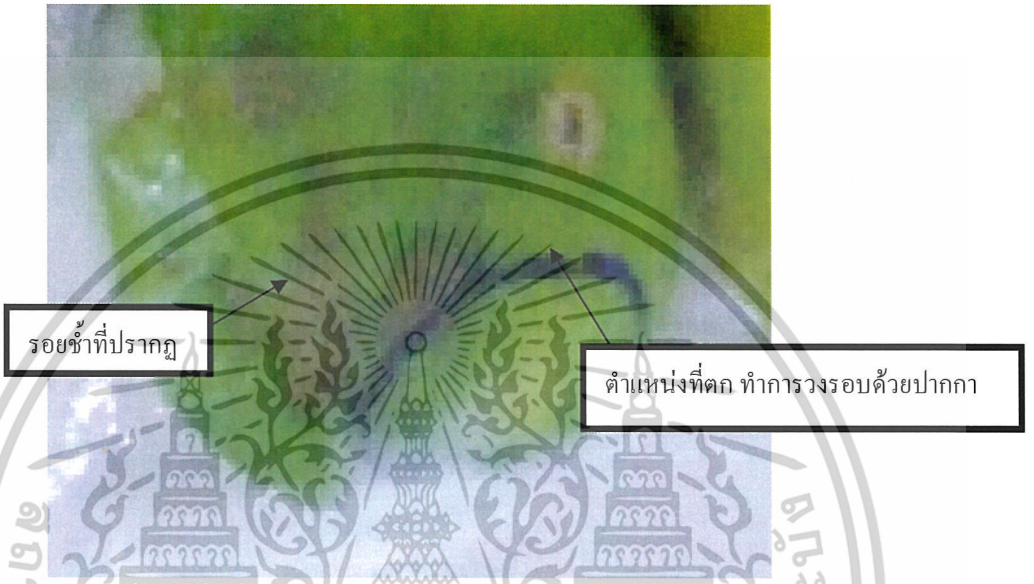
จากผลการทดลองครั้งที่2 (จากกราฟที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของมะนาวที่อุณหภูมิ 10 ℃) พบว่า ในช่วงที่ 1 (ช่วง 2-4 วัน) ไม่ว่าจะตกที่ระยะใดๆมะนาวเกิดความเสียหายน้อยมาก และยังมีสีเขียวเป็นปกติ

ช่วงที่ 2 (ช่วง 6-8 วัน) จากผลการทดลองพบว่า มะนาวแต่ละระยะการตกเริ่มมีสีเหลืองมากขึ้นตามลำดับความสูง โดยมะนาวที่ตกที่ระยะ 2 เมตรจะมีสีเหลืองมากกว่าระยะอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่ 3 (ช่วง 10-16 วัน) ในระยะ 0.5 เมตรยังมีบางลูกที่เริ่มเป็นสีเหลือง ในขณะที่มะนาวตกในระยะ 2 เมตร เป็นสีเข้มมากกว่าระยะอื่น

ช่วงที่ 4 (ช่วง 18-30 วัน) มะนาวที่ตกในทุกระยะความสูงเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเกือบทั้งหมดในเฉพาะระยะความสูงที่ 2 เมตร จะเห็นความเสียหาย (ช้ำ) ที่เกิดกับมะนาวได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 5.4 ตำแหน่งรอยช้ำและตำแหน่งที่ตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 ตำแหน่งรอยช้ำและตำแหน่งที่ตก

5.2 แนวทางในการพัฒนาการทดลองต่อ

การทดลองวิธี Drop test แบบ free fall นี้ไม่สามารถจะกำหนดจุดตกกระทบได้ หากจะได้พยายามออกแบบการทำลองใหม่ๆขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมจุดที่มะนาวตก (หรือผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่นที่อยากจะนำมาทดลสอบ) ควรจะออกแบบเครื่องทดสอบแบบเพื่อให้สามารถกำหนดจุดตกกระทบได้อย่างชัดเจน จึงได้ออกแบบการทดลองโดยใช้เครื่อง Impact test

การจดบันทึกค่าที่ได้จากอุปกรณ์ที่ใช้นั้น เราสามารถนำค่าที่ได้มาออกแบบคำนวณหาค่าที่เหมาะสมในการออกแบบเครื่อง Impact test การจดบันทึกค่าที่ได้ตกกับอุปกรณ์รับแรงกระแทกนั้น เราสามารถนำค่านี้มาออกแบบเครื่อง Impact test ได้ซึ่งจะทำให้ลดความยุ่งยากในการทำการทดลองแบบ Free fall โดยการเทียบเคียงค่าที่ได้จาก Free fall และค่าที่ได้จากแบบ Impact test มาหาความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข้อมูลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง1 บันทึกน้ำหนักและแรงที่มะนาวตกกระทบ

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	56.0	126.5
2	50.6	112.0
3	42.5	104.0
4	44.5	106.0
5	55.0	119.0
6	44.0	116.0
7	48.0	110.0
8	50.5	112.5
9	46.0	121.5
10	62.0	133.0
เฉลี่ย	49.9	116.05

ระยะ 0.5 m ถุงที่ 1

ระยะ 0.5 m ถุงที่ 2

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	60.0	110.5
2	46.0	104.5
3	43.5	95.5
4	47.0	114.5
5	47.5	95.5
6	54.5	117.6
7	51.0	112.0
8	45.0	102.0
9	50.0	111.5
10	53.0	107.5
เฉลี่ย	49.8	107.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะ 1 m ถุงที่ 3

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	56.5	109.5
2	59.5	118.5
3	53.5	123.0
4	59.5	112.0
5	50.0	107.0
6	55.5	117.5
7	53.5	119.0
8	54.0	109.5
9	57.0	115.5
10	52.5	104.5
เฉลี่ย	55.15	113.55

ระยะ1 m ถุงที่ 4

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	58.0	112.0
2	49.5	106.0
3	55.5	105.0
4	47.5	108.5
5	37.0	107.5
6	48.5	105.5
7	39.5	89.0
8	59.0	118.5
9	44.5	96.0
10	52.0	100.0
เฉลี่ย	49.1	105.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะ 1 m ถุงที่ 5

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	45.0	96.5
2	51.0	116.5
3	48.0	93.0
4	46.0	105.5
5	65.0	129.0
6	56.5	129.0
7	52.5	99.5
8	52.5	110.5
9	48.0	99.5
10	50.5	120.0
		107.5
เฉลี่ย	51.5	107.7

ระยะ 1.5 m ถุงที่ 1

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	46.0	151.0
2	49.0	88.0
3	47.0	103.0
4	49.0	111.0
5	44.5	91.0
6	37.5	105.0
7	64.5	105.0
8	43.0	98.0
9	45.0	50.0
10	42.0	61.5
เฉลี่ย	46.75	96.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะ 1.5 m ถุงที่ 2

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	50.5	64.0
2	46.5	59.5
3	71.0	73.5
4	68.0	106.0
5	54.5	42.5
6	51.5	64.5
7	64.0	50.5
8	48.0	44.0
9	54.0	43.5
10	51.0	43.5
เฉลี่ย	55.95	59.15

ระยะ 1.5 m ถุงที่ 3

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	48.5	57.0
2	54.5	51.5
3	50.0	58.0
4	46.5	51.0
5	52.5	54.5
6	52.5	53.0
7	43.0	50.0
8	59.5	50.0
9	50.5	44.5
10	51.0	43.5
เฉลี่ย	50.85	51.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะ 1.5 m ถุงที่ 4

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	47.5	50.5
2	44.0	52.0
3	52.5	48.5
4	48.5	50.5
5	44.0	54.5
6	52.5	58.5
7	47.5	57.0
8	50.5	51.5
9	49.5	55.5
10	51.0	56.5
เฉลี่ย	48.75	53.4

ระยะ 1.5 m ถุงที่ 5

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	50.5	56.0
2	55.0	56.5
3	53.5	62.5
4	41.5	67.0
5	42.5	67.0
6	49.5	56.0
7	39.5	55.5
8	48.5	62.0
9	52.0	53.5
10	56.5	60.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ย	48.9	59.6

ระยะ 2 m ถุงที่ 1

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	58.5	62.5
2	50.0	55.0
3	43.0	52.0
4	47.5	57.5
5	53.5	58.5
6	49.0	55.0
7	53.5	53.5
8	45.5	49.0
9	39.0	55.0
10	51.0	54.5
เฉลี่ย	49.0	55.25

ระยะ 2 m ถุงที่ 2

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	48.0	52.5
2	43.5	49.5
3	55.5	61.0
4	48.5	51.5
5	52.5	56.0
6	55.0	57.5
7	55.5	57.5
8	57.0	61.5
9	49.5	53.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	46.5	52.0
เฉลี่ย	51.15	55.25

ระยะ 2 m ถุงที่ 3

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	52.0	55.5
2	52.5	58.0
3	56.0	59.5
4	36.0	49.0
5	48.5	50.5
6	57.0	60.5
7	54.0	57.0
8	50.5	54.5
9	21.0	52.0
10	44.5	48.0
เฉลี่ย	50.25	54.45

ระยะ 2 m ถุงที่ 4

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	44.5	52.0
2	55.0	58.5
3	47.5	50.5
4	53.5	55.0
5	50.5	54.0
6	40.5	44.0
7	47.5	52.5
8	43.5	50.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	49.0	54.5
10	61.5	62.5
เฉลี่ย	49.3	53.35

ระยะ 2 m ถุงที่ 5

จำนวนลูก	น้ำหนักของผลมะนาว(กรัม)	น้ำหนักตกกระทบ (กรัม)
1	47.5	48.5
2	44.5	50.5
3	44.5	47.0
4	56.5	60.5
5	44.0	44.5
6	45.5	50.5
7	48.5	52.0
8	57.0	59.0
9	31.0	40.5
10	52.0	52.0
เฉลี่ย	47.1	50.55

ตารางที่2 แสดงลักษณะที่เกิดขึ้นกับมะนาวที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ที่ระยะ 0 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	1
6-8	2
10-16	2
18-30	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะ 0.5 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	1
6-8	2
10-16	2
18-30	3

ที่ระยะ 1 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	1
6-8	2
10-16	2
18-30	3

ที่ระยะ 1.5 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	1
6-8	2
10-16	2
18-30	3

ที่ระยะ 2 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	1
6-8	2
10-16	2
18-30	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราที่ 3 จำนวนวันที่ผ่านไปและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงของมะนาวที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

จำนวนวันที่ผ่านไป	จำนวนผลมะนาวเสียหายเฉลี่ย	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
6	-	1
8	-	2
12	-	3
14	3.2	4
16	4	5
30	1.2	6

ผลการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ 4 การทดลองได้นำมะนาวในทั้งหมดจำนวน 100 ลูก มาทำการชั่งเพื่อหาน้ำหนักของมะนาวในแต่ละลูก

ที่ระยะ 0.5 เมตร

น้ำหนักของผลมะนาว(weight(g))	แรงที่ตกกระทบ(force(N))	สัมประสิทธิ์
60.0	180.0	3.0
60.0	180	3.0
50.0	150	3.0
50.0	150	3.0
50.0	150	3.0
50.0	150	3.0
60.0	180	3.0
50.0	150	3.0
40.0	120	3.0
50.0	140	2.8
50.0	150	3.0
50.0	140	2.8
50.0	150	3.0
50.0	140	2.8
60.0	170	2.8
50.0	150	3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50.0	140	2.8
60.0	170	2.8
60.0	180	3.0
50.0	140	2.8
60.0	170	2.8
50.0	140	2.8
60.0	180	3.0
50.0	140	2.8
50.0	150	3.0

ที่ระยะ 1 m

น้ำหนักของผลมะนาว(weight(g))	แรงที่ตกกระทบ(force(N))	สัมประสิทธิ์
50	200	4.0
50	210	4.2
60	230	3.8
50	210	4.2
50	180	3.6
60	230	3.8
50	210	4.2
50	200	4.0
60	220	3.7
70	260	3.7
50	230	4.6
50	220	4.4
60	230	3.8
50	200	4.0
50	190	3.8
60	240	4.0
50	200	4.0
60	230	3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60	250	4.2
60	230	3.8
50	210	4.2
50	200	4.0
50	210	4.2
50	200	4.0
50	200	4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะ 1.5 m

น้ำหนักของผลมะนาว(weight(g))	แรงที่ตกกระทบ(force(N))	สัมประสิทธิ์
50	260	5.2
60	290	4.8
60	300	5.0
50	250	5.0
50	250	5.0
70	330	4.7
60	300	5.0
50	260	5.2
50	260	5.2
60	310	5.2
50	250	5.0
50	240	4.8
50	250	5.0
60	310	5.2
50	250	5.0
50	240	4.8
50	240	4.8
60	280	4.7
70	350	5.0
40	210	5.3
40	210	5.3
50	260	5.2
50	260	5.2
50	250	5.0
60	310	5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะ 2 m

น้ำหนักของผลมะนาว(weight(g))	แรงที่ตกกระทบ(force(N))	สัมประสิทธิ์
50	290	5.8
60	350	5.8
60	340	5.7
60	360	6.0
40	260	6.5
50	290	5.8
50	330	6.6
60	340	5.7
60	350	5.8
50	300	6.0
50	290	5.8
60	340	5.7
50	280	5.6
50	300	6.0
60	330	5.5
50	280	5.6
70	380	5.4
60	340	5.7
50	290	5.8
50	280	5.6
50	270	5.4
60	340	5.7
60	350	5.8
50	290	5.8
50	300	6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะที่เกิดขึ้นกับมะนาวที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ที่ระยะ 0.5 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	จำนวนผลมะนาวเสียหาย	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4		1
6-9	-	2
10-16	-	3
18-30	1	4

ที่ระยะ 1 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	จำนวนผลมะนาวที่เสียหาย	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	-	1
6-8	-	2
10-16	-	3
18-30	3	4

ที่ระยะ 1.5 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	จำนวนผลมะนาวที่เสียหาย	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	-	1
6-8	-	2
10-16	-	3
18-30	5	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะ 2 m

จำนวนวันที่ผ่านไป	จำนวนผลมะนาวที่เสียหาย	ลักษณะที่เกิดขึ้นกับผลมะนาว
2-4	-	1
6-8	-	2
10-16	-	3
18-30	8	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

"Buy Thornless Mexican Lime Trees a_k_a Key Lime Trees Citrus Trees" [Online] เข้าถึงได้จาก http//www.citrustreeonline.com

"Un title Page" [online]เข้าถึงได้จาก www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=65&i2=4 - 8k –

"มะนาว" [online] เข้าได้จาก www.doae.go.th/plant/lime/lime.htm - 20k -

"พืชสมุนไพร" [online] เข้าถึงได้จาก www.rspg.thaigov.net/plants_data/use/herbs01-12.htm - 5k -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้