สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T042379

ปีการศึกษา 2543

การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและติดตามผลของระดับก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในสภาพบรรยากาศดัดแปลงของมะนาว

COMPUTER PREDICTION OF O_2 AND CO_2 IN MODIFIDED ATMOSPHERE OF LIME

โดย

นายธงทอง หาญพงศาจิตต์

นายอิษฎา ตันเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ภัทรชัย วิชัยยะ

อ.เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42379
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและติดตามผลของระดับก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในสภาพดัดแปลงของมะนาว

ผู้จัดทำ

1. นาย ธงทอง หาญพงศาจิตต์
2. นาย อิษฎา ตันเจริญ

ภัทรชัย วิชัยยะ ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ภัทรชัย วิชัยยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและติดตามผลของระดับก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในสภาพดัดแปลงของมะนาว

นาย ธงทอง หาญพงศาจิตต์
นาย อิษฎา ตันเจริญ
อ. ภัทรชัย วิชัยยะ
อ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทดลองหาค่าอัตราการหายใจของมะนาวที่ 10,20 และ30 องศาเซลเซียส พบว่ามะนาวจะมีอัตราการหายใจเท่ากับ3.505 ml/kg/hr,7.7835 ml/kg/hr และ14.103 ml/kg/hr ตามลำดับ และยังได้หาค่าอัตราการซึมผ่านของฟิล์ม PEหนา110 ไมโครเมตร,PEหนา 90 ไมโครเมตร และPP ได้ทำการทดลอง MAP โดยใช้ฟิล์มทั้งสามชนิดข้างต้น ที่อุณหภูมิ 10,15 และ20 องศาเซลเซียส โดยใส่มะนาว 5,10 และ15 ผล พบว่ามะนาวที่ ถุงPEบาง 15 องศาเซลเซียส 10 ลูก จะสามารถเขียวอยู่ได้ตลอดระยะเวลา 30 วัน ในส่วนของการทำนายผลการทดลองนั้นได้ใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป Exel ในการคำนวณพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณต่างจากค่าที่ได้จากการทดลองมากเนื่องจากมีหลายตัวแปรในการทดลองมีความคลาดเคลื่อน เช่น ค่าอัตราการซึมผ่านของถุง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computer prediction of o_2 and co_2 in modifided atmosphere of lime

Thongtong Hanpongsajit

Itsada Tancharoen

Pattarachai Vichaiya

Kreangsak Suwanposri

2000

Abstract

Respiration of Lime was found at 10, 15 and 20°C to be 3.505, 5.644 and 7.783 ml/kg/hr. Permeability of films, PE at 110 μm, PE at 90 μm, PP at 40 μm had been found. The experiment using MAP of 3 films mension above at 10, 15 and 20°C at 5 pieces, 10 pieces and 15 pieces had been conducted. It was found that PP at 40 μm at 15°C 10 of pieces can maintain green color up to 30 days of storage. Predicted gases contents of lime in MAP had been formulated using,Exel. It was found that the predicted values and experimental values were quite different due to many factor such as the value of the permeability of films.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก.)
สารบัญรูปภาพ	(ข.1-ข.2)
สารบัญตาราง	(ค.1-ค.2)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 สายพันธุ์ของมะนาว	4
2.2 การสุกของมะนาว	5
2.3 การปลูกมะนาวในประเทศไทย	6
2.4 การปลูก	8
2.5 การเก็บเกี่ยว	10
2.6 การคัดเกรดมะนาว	11
2.7 การเก็บรักษามะนาว	11
2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 การทดลองและเก็บข้อมูล	
3.1 วัตถุดิบ	18
3.2 อุปกรณ์	18
3.3 วิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองวัดอัตราการหายใจของมะนาว	22
4.2 ผลการทดลองหาค่าการซึมผ่านของฟิล์ม	24
4.3 ผลการทดลองทำสภาพบรรยากาศดัดแปลง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การออกแบบและการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 45
5.1 โปรแกรมแบ่งเป็น 2 ส่วน 48
5.2 การเปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลที่ได้จากโปรแกรม 51
5.3 การเปลี่ยนค่า permeabilityของฟิล์ม ตามสเปกที่ได้จากผู้ผลิต 52

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์การทำโครงงาน
6.1 เปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลที่ได้จากโปรแกรม 53
6.2 วิธีการปรับปรุง 53

ภาคผนวก (a.-o.)
เอกสารอ้างอิง (I.)
กิตติกรรมประกาศ (II.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการหายใจของมะนาว	13
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการหายใจของมะนาว	14
รูปที่ 4.1 แสดงอัตราการหายใจของมะนาว	22
รูปที่ 4.2 แสดงค่า $\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C	24
รูปที่ 4.3 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C	25
รูปที่ 4.4 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C	26
รูปที่ 4.5 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 10 C	27
รูปที่ 4.6 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 15 C	28
รูปที่ 4.7 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 20 C	29
รูปที่ 4.8 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 10 C	30
รูปที่ 4.9 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 15 C	31
รูปที่ 4.10 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 20 C	32
รูปที่ 4.11 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C,5 ลูก	35
รูปที่ 4.12 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C	35
รูปที่ 4.13 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C,10ลูก	35
รูปที่ 4.14 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C,15 ลูก	35
รูปที่ 4.15 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 10 C,5 ลูก	36
รูปที่ 4.16 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 10 C	36
รูปที่ 4.17 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 10 C,10ลูก	36
รูปที่ 4.18 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 10 C,15 ลูก	36
รูปที่ 4.19 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 10 C,5 ลูก	37
รูปที่ 4.20 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 10 C	37
รูปที่ 4.21 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 10 C,10ลูก	37
รูปที่ 4.22 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 10 C,15 ลูก	37
รูปที่ 4.23 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C,5 ลูก	38
รูปที่ 4.24 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C	38
รูปที่ 4.25 แสดงค่า$\%CO_2$ และ $\%O_2$ ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C,10ลูก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 4.26 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C,15 ลูก 38

รูปที่ 4.27 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 15 C,5 ลูก 39

รูปที่ 4.28 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 15 C 39

รูปที่ 4.29 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 15 C,10ลูก 39

รูปที่ 4.30 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 15 C,15 ลูก 39

รูปที่ 4.31 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 15 C,5 ลูก 40

รูปที่ 4.32 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 15 C 40

รูปที่ 4.33 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 15 C,10ลูก 40

รูปที่ 4.34 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 15 C,15 ลูก 40

รูปที่ 4.35 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C,5 ลูก 41

รูปที่ 4.36 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C 41

รูปที่ 4.37 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C,10ลูก 41

รูปที่ 4.38 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C,15 ลูก 41

รูปที่ 4.39 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 20 C,5 ลูก 42

รูปที่ 4.40 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 20 C 42

รูปที่ 4.41 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 20 C,10ลูก 42

รูปที่ 4.42 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PEบางที่อุณหภูมิ 20 C,15 ลูก 42

รูปที่ 4.43 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 20 C,5 ลูก 43

รูปที่ 4.44 แสดงค่าสีที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 20 C 43

รูปที่ 4.45 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 20 C,10ลูก 43

รูปที่ 4.46 แสดงค่า%CO_2และ %O_2ที่วัดได้ของถุงชนิด PPที่อุณหภูมิ 20 C,15 ลูก 43

รูปที่ 5.1 แสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ 45

รูปที่ 5.2 แสดงผลของปริมาณก๊าซในแต่ละชั่วโมง 49

รูปที่ 5.3 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ที่เวลาต่าง ๆ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงราคารับซื้อมะนาว (ขายส่ง) ณ ตลาดอำเภอท่ายาง	3
ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการหายใจในช่วงเวลา (วัน)	22
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C	24
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C	25
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C	26
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 10 C	27
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 15 C	28
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 20 C	29
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 10 C	30
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 15 C	31
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์CO_2 และ O_2 ที่วัดได้ของถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 20 C	32
ตาราง 4.11 แสดงค่าอัตราการซึมผ่านของถุงชนิด PEหนา	33
ตาราง 4.12 แสดงค่าอัตราการซึมผ่านของถุงชนิดPEบาง	34
ตาราง 4.13 แสดงค่าอัตราการซึมผ่านของถุงชนิดPP	34

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงสเปกต่าง ๆ ของภาชนะบรรจุ	a.
ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 25 กรกฎาคม 2543	b.
ตารางที่ 3 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 26 กรกฎาคม 2543	c.
ตารางที่ 4 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 27 กรกฎาคม 2543	d.
ตารางที่ 5 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 31 กรกฎาคม 2543	e.
ตารางที่ 6 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 2 สิงหาคม 2543	f.
ตารางที่ 7 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 4 สิงหาคม 2543	g.
ตารางที่ 8 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 7 สิงหาคม 2543	h.
ตารางที่ 9 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ วันที่ 9 สิงหาคม 2543	i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค.2)

สารบัญตาราง

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณก๊าซที่เหลือจากการหายใจของมะนาว 30 วัน ที่ 10 C j.

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณก๊าซที่เหลือจากการหายใจของมะนาว 30 วัน ที่ 15 C k.

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณก๊าซที่เหลือจากการหายใจของมะนาว 30 วัน ที่ 15 C l.

ตารางที่ 13 แสดงอัตราความเข้มสีเหลืองต่อสีเขียว(b/a) ที่ 10 C m.

ตารางที่ 14 แสดงอัตราความเข้มสีเหลืองต่อสีเขียว(b/a) ที่ 15 C n.

ตารางที่ 15 แสดงอัตราความเข้มสีเหลืองต่อสีเขียว(b/a) ที่ 20 C o.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงสเปกต่าง ๆ ของภาชนะบรรจุ

Number	weight (g)		Respiration of lime at different temperature
1	389.8		remake
2	399.6		remake
3	371.3		1,2,3,4 at ambient temp
4	369.7		5,6,7,8 at 20 C
5	391.2		9,10,11,12 at 10 C
6	380		1 and 2 are same flow rate
7	371.8		3 and 4 are same flow rate
8	381.9		5 and 6 are same flow rate
9	372.4		7 and 8 are same flow rate
10	365.3		9 and 10 are same flow rate
11	422.2		11 and 12 are same flow rate
12	408.9		13 close bottle at ambient
13	371.2		14 close bottle at 20 C
14	397.2		15 close bottle at 10 C
15	366.2		16 charge with C_2H_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ(Introduction)

มะนาวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการปรุงอาหารของคนไทย สาเหตุที่สำคัญทำให้ต้องมีการเก็บมะนาวคือ 1. มะนาวขาดแคลน -ปกติมะนาวออกดอกตลอดทั้งปีและใช้เวลาในการพัฒนาตั้งแต่เริ่มออกดอกจนเก็บเกี่ยวได้ ประมาณ 5 เดือน เหตุที่มะนาวมีผลผลิตน้อยในฤดูแล้ง(เดือน เมษายน) เพราะมะนาวออกดอกในฤดูฝน เมื่อฝนตกจึงทำให้ดอกเกิดความเสียหาย ดอกร่วงจึงไม่ติดผล ผลผลิตที่ออกในช่วงฤดูแล้งมีน้อย ราคาจึงแพง 2. มะนาวมากเกิน - เมื่อสิ้นฤดูฝนมะนาวออกดอกมากและดอกไม่ได้รับความเสียหาย ทั้งยังมีความอุดมสมบูรณ์จากน้ำหลังฤดูฝน จึงทำให้ติดผลมาก ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดมาก เป็นผลให้เกษตรกร ต้องประสบกับปัญหาราคาตกต่ำ

ด้วยเหตุดังกล่าวมาแล้ว ทำให้เห็นถึงความจำเป็น ในการเก็บมะนาวให้มีผลผลิตใช้บริโภคอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยการยืดอายุการเก็บรักษามะนาวในช่วงที่มีมะนาวมาก มาจำหน่ายในช่วงที่มีมะนาวขาดแคลน ซึ่งมีผลให้ราคาสม่ำเสมอ อันเป็นผลดีต่อทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค

1.1 วัตถุประสงค์ (Objective)

1. ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในการเก็บรักษาเพื่อ ยืดอายุมะนาวโดยใช้ถุงพลาสติกในสภาพอุณหภูมิต่างๆ ให้ได้ระยะเวลานานที่สุด

2. ใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณขนาด พ.ท. ของถุงพลาสติกและสภาพทางกายภาพอื่นๆ ให้เหมาสมก่อนมีการเก็บจริงเพื่อให้การเก็บมะนาวในถุงพลาสติกมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. ติดตามระดับก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในถุงพลาสติก เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของมะนาวในถุงพลาสติกตลอดการเก็บรักษามะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

มะนาวเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งในตระกูลส้มซึ่งมีด้วยกัน 2 ชนิดคือมะนาวเปรี้ยวกับมะนาวหวาน แม้ว่ามะนาวเปรี้ยวจะไม่จัดอยู่ในประเภทผลไม้แต่เป็นสิ่งจำเป็นในการนำมาใช้ในการประกอบอาหารไทย

มะนาวเปรี้ยวสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ Mexican variety และ Tahiti variety ในประเทศไทยมะนาว Maxican ได้แก่มะนาวแป้น มะนาวไข่ มะนาวหนัง ซึ่งมีปลูกกันอย่างแพร่หลาย มีลักษณะที่สำคัญคือ ลูกเล็ก เปลือกบาง มีเมล็ด มีกลิ่นหอมของมะนาว ส่วนมะนาว Tahiti ได้มีการนำเข้ามาปลูกและเผยแพร่กันในชื่อของมะนาวค่านเกวียน มะนาวควาย ฯลฯ จะมีลักษณะ ผลกลมใหญ่กว่า เปลือกหนา ไม่มีเมล็ด มีกลิ่นเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนมะนาวแป้นซึ่งไม่ค่อยเป็นที่นิยมในหมู่คนไทยเพราะว่าน้ำน้อยแม้ว่าจะมีขนาดใหญ่กว่า มะนาวเป็นผลไม้ประเภท non climacteric คือไม่มีการสุก ซึ่งโตได้ดีในเขตร้อนและภูมิอากาศร้อน มีรายงานว่าคนไทยใช้มะนาวทั่วประเทศประมาณวันละ1ล้านผล(1) ในช่วงฤดูแล้งซึ่งมะนาวมีน้อย และไม่เพียงพอกับความต้องการ มะนาวจึงมีราคาแพงกว่าในช่วงที่มีมะนาวมากถึง4-5เท่า โดยทั่วไปมะนาวจะใช้เวลาในการออกดอก และติดผลจนกระทั่งเก็บผลมาบริโภคได้ ประมาณ5-7เดือน ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ มะนาวจะออกดอกมากในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และทยอยออกดอกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงในช่วงเดือนกรกฎาคมกันยายน ในช่วงนี้จะมีมะนาวออกสู่ตลาดมากหลังจากนั้นอีกประมาณ6-7เดือนคือในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน มะนาวจะหมดต้น ทำให้มีมะนาวออกสู่ตลาดน้อยและมีราคาแพงกว่าในช่วงที่มีมะนาวมาก 4 ถึง 5 เท่า ดังแสดงในตารางที่1.1

โดยปรกติแล้วมะนาวที่แข็งแรงออกดอกตลอดทั้งปี อุปสรรคที่ทำให้มะนาวไม่ติดผลในช่วงเดือนกันยายน และตุลาคม คือฝน โดยฝนจะชะช่อดอกทำให้ดอกเกิดความเสียหาย อีกปัจจัยที่ทำให้มะนาวติดผลน้อย คือการติดผลมากในช่วงเดือน สิงหาคมหรือกันยายน ทำให้มะนาวไม่มีกำลังมากพอที่จะออกดอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงราคารับซื้อมะนาว (ขายส่ง) ณ ตลาดอำเภอท่ายาง (มะนาวคละเกรด 1)

หน่วย : บาท / 100 ผล

เดือน	ปี 2535	ปี 2536	ปี 2537	ปี 2538
มกราคม	60	150	150	100
กุมภาพันธ์	100	200	150	100
มีนาคม	100	300	150	150
เมษายน	200	300	350	280
พฤษภาคม	120	200	350	33
มิถุนายน	-	65	100	20
กรกฎาคม	40	55	80	25
สิงหาคม	40	55	25	23
กันยายน	40	75	30	33
ตุลาคม	40	55	30	33
พฤศจิกายน	70	45	50	40
ธันวาคม	80	45	55	48
ราคาเฉลี่ย	80.9	128.75	121.15	73.75

ที่มา : สำนักพาณิชย์จังหวัดเพชรบุรี

การที่จะให้มะนาวออกสู่ตลาดในช่วงฤดูแล้งได้นั้น ชาวสวนจะต้องบังคับให้มะนาวออกดอกในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม จึงสามารถเก็บมะนาวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนได้ การบังคับให้มะนาวออกดอกในช่วงนี้สามารถทำได้ แต่ชาวสวนต้องดูแลต้นมะนาวเป็นอย่างดี และใช้แรงงานในการปลิดดอกมะนาวที่ออกในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมให้หมดไปเพื่อให้แทงช่อดอกในเดือนกันยายนหรือตุลาคม อีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้มีมะนาวออกสู่ตลาดในฤดูแล้งได้คือ การเก็บรักษาและยืดอายุมะนาวในช่วงที่มีมากและทะยอยนำออกสู่ตลาดในช่วงที่มะนาวมีน้อย เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวมะนาวยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอันจะนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพในที่สุด กล่าวคือการเก็บมะนาวที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ1-2%ต่อวัน และมะนาวจะเหี่ยวแห้งหรือเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ถ้าหากมะนาวสูญเสียน้ำ12-14%ของน้ำหนักมะนาวสด ภายในระยะเวลา2สัปดาห์ มะนาวจะสูญเสียคุณภาพ และไม่สามารถสามารถนำมาใช้ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นที่รู้กันว่าความเย็นจะทำให้เก็บผักผลไม้ได้นานขึ้น มะนาวก็เช่นกัน มะนาวที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 9-10 องศา จะเก็บได้ 6-8 สัปดาห์ มะนาวจัดเป็นผลไม้ ประเภท non - climacteric และมีอัตราการหายใจต่ำ มะนาวไม่สามารถเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศา เพราะจะเกิดอาการเน่าเสีย

เพื่อที่สามารถเพิ่มอายุการรักษามะนาว วิธีการ ควบคุมสภาพบรรยากาศ (Controlled Atmosphere,CA) จึงถูกนำมาศึกษาและนำมาใช้กับมะนาว พบว่าที่ ออกซิเจน 10 % คาร์บอนไดออกไซด์ 5 % สามารถเก็บได้นานถึง 5 เดือน

เรายังได้ศึกษา วิธีการเก็บรักษาแบบ สภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere, MA) Lawvivatanapong เก็บมะนาวในhigh density polyethylene (HDPE)ได้นานถึง 4 เดือนแต่ผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เชื่อว่า Ethylene เป็นเหตุให้ผิวเป็นสีเหลือง ได้มีการใส่ตัวดูดซับ Ethylene (Potassium permanganate) จากการทดลองช่วงเวลาที่เก็บ 4 เดือนมะนาวจะมีคุณภาพ ดีกว่า 5 เดือน ในการใส่ถุง HDPE ที่ 10 องศา กับตัวดูด Ethylene Phenphayap พบว่า ผลกระทบของพื้นที่ว่าง ในถุง HDPE มะนาว 430 กรัม 645 กรัม และ860 กรัมภายในถุงชนิดเดียวกัน ขนาด 9*14 นิ้ว มะนาวหนัก 430 g เก็บได้นานถึง 5 เดือน แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ว่างในถุงก็มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เชื่อได้ว่า สภาวะบรรยากาศภายในถุงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการยืดอายุมะนาว จากการสัมภาษณ์ นักธุรกิจผู้ดำเนินกิจการ CA ของ บริษัท เกษตรเพชร พบว่า หลังจาก 2-3 เดือนในการเก็บแบบ CA มะนาวจะแสดงให้เห็นถึงการติดเชื้อ จากทั้งเชื้อที่ติดมาระหว่างการเก็บเกี่ยว และ เชื้อจากอากาศที่มีในที่เก็บ อาการเน่าเสียจะปรากฏภายใน 1 สัปดาห์ ซึ่งไม่สามารถตรวจพบมาก่อน ปัจจัยที่มีความจำเป็นเพื่อให้ประสพความสำเร็จในการเก็บรักษาคือจะต้องศึกษาทั้งที่ตั้งฟาร์ม การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว และนำมาปรับปรุง เพื่อเกิดกระบวนการที่ถูกต้องควรเริ่มจากเวลาในการเก็บที่ถูกต้อง วิธีการเก็บที่ถูกต้อง ขนาดของผลที่เก็บ การใช้วิธีทางเคมีก่อนการเก็บในที่เย็น อุณหภูมิต้องสม่ำเสมอ การบรรจุที่ดี สภาวะและเทคนิคในการเก็บที่ถูกต้อง

2.1 สายพันธุ์ของมะนาว

มะนาวเป็นพืชในตระกูลส้ม และมีชื่อทางพฤกษาศาสตร์ว่า Citrus aurantifolia ส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแพร่กระจายไปทั่วโลกเนื่องจากได้รับความนิยมในการบริโภค มะนาวเจริญเติบโตได้ดีในภูมิอากาศเขตร้อน โดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือมะนาวเปรี้ยวกับมะนาวหวาน มะนาวเปรี้ยวยังแบ่งได้อีก 2 ชนิดคือ มะนาว Mexican หรือมะนาว West indian และมะนาว Tahiti หรือมะนาว persian โดยชนิดแรกผลจะมีขนาดเล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2.5 นิ้ว กลมแป้น ผิวบาง เมื่อสุกจะมีสีเหลืองอมเขียว และมีกลิ่นหอม ส่วนประเภทที่ 2 จะมีผลที่ใหญ่กว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 นิ้ว ลักษณะเป็นวงรี ผิวหนาสีเขียว แม้รสชาติจะเปรี้ยวเหมือนกันและจะต่างทั้งรสชาติและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่น มะนาว Mexican จะมีรสชาติและกลิ่นที่ดีกว่าส่วนใหญ่ใช้ผสมในเครื่องดื่ม ในประเทศไทยนิยมใน มาปรุงอาหาร

มะนาวเป็นผลไม้เมืองร้อน ตอนแรกผิวจะมีสีเขียวอมเหลือง และจะเปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง เนื่องจากพื้นที่และภูมิอากาศในการปลูกที่แตกต่าง มะนาวจะเติบโตในช่วงสั้นๆ ในเวลากลางวัน และจะสูญเสีย chlorophyll ในเวลากลางที่เย็น มะนาว Mexican จะไม่ชอบอากาศเย็น ดังนั้นจึงเจริญได้ดีในเขตร้อน ไม่เหมือนพันธ์ tahiti ซึ่งสามารถจะทนหนาวได้ จึงเติบโตในเขตหนาวได้ดี อย่างไรก็ตาม มะนาวพันธ์ tahiti จะมีกลิ่นและรสชาติสู้มะนาวพันธ์ Mexican ไม่ได้จึงไม่เป็นที่นิยม

List of spicies of Citrus

Spicies	Conventional Name	Assume Native Habitat
Subgenus Citrus		
C. Medica L.	Citron	India
C. aruantium L.	Sour orange	China
C. sinensis Osbeck	Sweet orange	China
C. grandis Osbeck	Pummelo	China
C. limon (L) Burn, F.	Lemon	India
C. Reticulate Blanco	Mandarin	China
C. aruantifolia Christm.	Common lime	Malaya
C. paradisi Macf.	Grapefruit	-
C. tachibana Tan.	Tachibanb	Japan
C. indica Tan.	India wild orange	India

2.2 การสุกของมะนาว

ผักและผลไม้ถูกแบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ตามประเภทของอัตราการหายใจคือประเภท Climacteric และประเภท Non – Climacteric ผักและผลไม้ที่ถูกจัดเป็นประเภท Climacteric นั้นจะมีอัตราการหายใจ ($mgCo_2/kg/hr$) สูงขึ้นเรื่อยๆ โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีควบคู่กันไป กล่าวคือ เนื้อซึ่งเดิมมีการสะสมของแป้งจะเปลี่ยนจากสีขาวกลายเป็นสีอื่น ๆ เช่นในมะม่วงจะกลายเป็นสีเหลืองสีส้มหรือสีแดงขึ้นอยู่กับพันธุ์ มะละกอจะกลายเป็นสีส้ม-แดง มะเขือเทศจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง และเป็นสีแดงในที่สุด ผลไม้บางชนิดก็อาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมากนั้นซึ่งได้แก่ ผลไม้ต่างประเทศเช่น แอปเปิ้ลและลูกแพร์ ส่วนคุณสมบัติทางเคมีก็ได้มีการเปลี่ยนจากกรดเป็นน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือจากเปรี้ยวเป็นหวาน ส่วนผลไม้ประเภท Non – Climacteric นั้นอัตราการหายใจจะค่อย ๆ ลดลง หลังจากเก็บเกี่ยวและจะคงที่ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเปลี่ยนสีและเน่าเสียในที่สุด ผลไม้ประเภทนี้ได้แก่ ผลไม้จำพวกส้ม ลองกอง แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงบ้างภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่นจะหวานขึ้นซึ่งไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีแต่เป็นเพราะเกิดการสูญเสียน้ำจึงทำให้รสชาติดีขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีผิวก็อาจจะเกิดขึ้นได้ เช่นในกรณีของมะนาวซึ่งเปลี่ยนจากผิวสีเขียวเป็นเหลืองแม้ว่าจะมองดูเสมือนว่ามะนาวสุกแต่ความจริงมะนาวไม่ได้สุก เพราะมะนาวไม้ได้หวานขึ้น แต่สีผิวเปลี่ยนไปด้วยสาเหตุ กล่าวคือ คลอโรฟิล ซึ่งเป็นสารสีเขียวในพืชเกิดการสลายตัว จึงทำให้สารแคโรทินนอย ซึ่งเป็นสีเหลืองปรากฏออกมาชัดเจนขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเราสามารถจะใช้มะนาวตั้งแต่เขียวไปจนถึงมะนาวเหลือง แม้จะมีรสชาติและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อย แต่ก็ยังคงความเปรี้ยวไว้เช่นเดิม ไม่ได้หวานขึ้น อย่างไรก็ตามคนไทยโดยทั่วไปก็ยังนิยมใช้มะนาวเขียวมากกว่ามะนาวเหลือง เพราะมะนาวเขียวมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวที่เราชอบ ซึ่งมะนาวเหลืองไม่มีเนื่องจากกลิ่นนี้เสื่อมสภาพไป การเสื่อมของสีนี้มิได้เกิดในมะนาวที่เก็บเพื่อยืดอายุเท่านั้น มะนาวที่เก็บเหลืองคาต้น ก็ไม่มีกลิ่นนี้เช่นกัน ดังนั้นคนไทยจึงไม่นิยมมะนาวเหลืองเพราะไม่มีกลิ่นหอม แต่มะนาวเหลืองคาต้นก็ยังคงความเปรี้ยวดุจเดิม

ดังนั้นเป้าหมายในการเก็บรักษามะนาวคือการรักษาความเขียวของมะนาวให้คงสภาพนานที่สุดนั้นเอง คุณภาพของมะนาวไม่สามารถจะทำให้ดีขึ้นได้แต่สามารถรักษาคุณภาพเดิมไว้ได้ ถ้าเราเก็บรักษาด้วยวิธีที่ถูกต้อง

2.3 การปลูกมะนาวในประเทศไทย

มะนาวมีต้นกำเนิดในแถบซีกโลกตะวันออกหรือ ทวีปเอเชีย ผู้คนในแถบนี้จึงได้มีการบริโภคมะนาวมานานแล้ว ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้มะนาวในการประกอบอาหาร จึงมีความต้องการมะนาวตลอดทั้งปี แม้ว่าจะมีมะนาวเปรี้ยว 2 ชนิด แต่มีเพียงชนิดเดียวที่เป็นที่ต้องการคือ มะนาว Mexican หรือประเภทมะนาวแป้น เพราะมีกลิ่นหอมมากกว่าจึงเป็นที่นิยมมากกว่า มะนาว Tahiti ที่ถึงแม้จะมีขนาดใหญ่กว่าและน้ำมากกว่า แต่บางครั้งก็ใช้ทดแทนกันได้ ถ้าอยู่ในช่วงมะนาวแป้นขาดแคลนและมีราคาแพง

ตามธรรมชาติผลไม้ตระกูลมะนาวจะกลายพันธ์ได้ดีมาก และสามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะท้องถิ่นได้ดี ในประเทศไทยสามารถปลูกไปได้ทั่วประเทศ จากสายพันธุ์เดิมสามารถกลายพันธ์ไปได้ในหลายลักษณะ ผู้ปลูกสามารถเลือกพันธ์ตามความต้องการ และขยายพันธ์ที่เลือกไว้ แต่ละท้องถิ่นจะมีพันธ์ที่นิยม และอาจจะขยายข้ามท้องถิ่นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 พันธ์ที่นิยมในประเทศไทยมี 3 สายพันธ์ใหญ่ๆ คือ

1.มะนาวแป้น

ชื่อของพันธ์นี้มาจากลักษณะของมะนาวที่กลมและแบน(ตามขั้ว)เป็นที่นิยมเพราะมีขนาดใหญ่ น้ำมากและผิวบาง (ง่ายต่อการคั้น) และมีกลิ่นหอม เริ่มให้ผลผลิตภายในหนึ่งไปและ จะให้ผลผลิตประมาณ 4-5 ปี แต่หลังจากนั้นจะมีปัญหาจากโรคและการติดเชื้อ

2.มะนาวไข่

ตั้งชื่อตามลักษณะของผลที่มีลักษณะคล้ายไข่ กลมกว่ามะนาวแป้นเล็กน้อย และเปลือกบางเหมือนไข่ ลักษณะโดยรวมจะคล้ายมะนาวแป้น แต่จะทนต่อโรคและแมลงกว่ามะนาวแป้น

3.มะนาวหนัง

เปลือกจะหนากว่า 2 พันธ์ข้างต้น ขนาดจะใหญ่กว่าและมีกลิ่นหอมน้อยกว่าเป็นที่นิยมน้อยกว่าแต่ต้านทานโรคกว่า 2 พันธุ์ข้างต้น เหมาะแก่การเก็บรักษาเนื่องจากเปลือกหนาจึงมีศักยภาพในการเก็บรักษามากกว่าพันธ์อื่นๆ

2.3.2 พื้นที่ที่ปลูกมะนาวในประเทศไทย

เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและสภาพดิน พื้นที่ที่มีการปลูกมะนาวในประเทศไทยได้ดี มีสองพื้นที่ใหญ่ๆ คือ 1 พื้นที่แถวลุ่มแม่น้ำท่าจีนได้แก่ อ. สามพราน จ. นครปฐม และ อ. บ้านแพ้ว จ. สมุทรสาคร โดยพื้นที่มีลักษณะเป็นที่ต่ำ มีน้ำตลอดปี และดินมีความอุดมสมบูรณ์มากเนื่องจากการสะสมของธาตุอาหารจากแม่น้ำ การปลูกเป็นแบบยกร่องดิน ในพื้นที่ที่ สอง คือ แถบ อ. ท่ายาง อ. บ้านลาด อ. แก่งกระจาน จ. เพชรบุรี ทั้งหมดมีพื้นที่ประมาณ 35000 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 90000 กิโลกรัมต่อไร่ เดิมชาวบ้านจากอ.บ้านแพ้วได้ย้ายมาทำกินที่ จ.เพชรบุรี ได้นำความรู้และทักษะการปลูกพืชเข้ามา มะนาวก็เป็นหนึ่งในพืชที่ได้นำมาทดลองปลูกและได้มีการปรับปรุงการปลูก จนประสบความสำเร็จเป็นอย่างสูงในพื้นที่แถบนี้และกลายเป็นแหล่งผลิตมะนาวใหญ่ของประเทศ อย่างไรก็ตามพื้นที่ใน จ. เพชรบุรีมีรูปแบบที่แตกต่าง จาก อ. บ้านแพ้วเป็นอย่างมาก โดยจะเป็นเนินเล็ก ๆ และที่ราบ มีแม่น้ำเล็ก ๆ บึง คลอง ซึ่งทำให้มีน้ำเพียงพอต่อการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การปลูก

การปลูกมะนาวในพื้นต่ำราบลุ่มแม่น้ำ ซึ่งเดิมใช้ในการปลูกข้าว พื้นที่ปลูกมะนาวจึงต้องมีการป้องกันน้ำท่วม โดยใช้วิธีการยกร่อง ยาว 6-8 เมตร สูง 1-1.5 เมตร ที่ความสูงนี้ก็เพียงพอที่จะป้องกันน้ำท่วมต้นได้ การเตรียมหลุมปลูกและระยะปลูกเนื่องจากมะนาวเป็นไม้ผลยืนต้นที่มีอายุยืนนาน จำเป็นต้องมีการ ขุดหลุมกว้างไม่น้อยกว่า 50 ซม. ตากแดดทิ้งไว้อย่างน้อย 7 วัน ระยะห่างระหว่างหลุม 6x6 เมตร 1 ไร่ปลูกได้ 45 ต้น เมื่อขุดหลุมเสร็จแล้วหาเศษหญ้าหรือใบไม้ผุใส่รองก้นหลุม ใส่ปุ๋ยคอกทับลงไป และใส่ดินผสมลงไปโดยใช้อัตราดิน 2 ส่วน ต่อปุ๋ยคอก 1 ส่วน ใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15 – 15 –15 ใส่รองก้นหลุมประมาณ 20 กรัมต่อหลุม ผสมคลุกเคล้ากันให้ดินสูงกว่าปากหลุมเล็กน้อยกันดินยุบตัวและอาจทำให้น้ำขังได้ โดยทั่วไปพื้นที่ต่ำ จะประกอบด้วยดินเหนียวซึ่งจะอุ้มน้ำได้ดี เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ ต้นจะออกผลภายใน 1 ปี การตัดแต่งกิ่งไม่จำเป็นสำหรับมะนาว ไนโตรเจนเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยในการออกดอกออกผล ความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติเป็นสิ่งจำเป็น คุณภาพของดินและค่า PH ของดิน

2.4.1 การเตรียมกิ่งพันธุ์

กิ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกส่วนใหญ่จะเป็นกิ่งตอน หลังจากตัดกิ่งตอนแล้วจะต้องนำมาใส่ถุงบรรจุขุยมะพร้าว ชำพักไว้ในที่ร่มอย่างน้อย 20 –30 วัน เพื่อให้รากและลำต้นแข็งแรง แล้วจึงนำไปปลูก ราคาประมาณ 10 – 15 บาทต่อต้น การตอนกิ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีอัตราการรอดตายสูงสำหรับมะนาว

2.4.2 วิธีการปลูก

หลังจากเลือกพันธุ์ที่ปลูก และเตรียมหลุมปลูกเรียบร้อยแล้วก็นำกิ่งพันธุ์ลงปลูก ก่อนวางกิ่งพันธุ์ลงในหลุมจะต้องกรีดถุงพลาสติกออกเสียก่อน หลังจากนั้นวางกิ่งให้อยู่ตรงกลางหลุม กลบดินให้สูงกว่ากระเปาะตอน ประมาณ 2 นิ้ว จัดรากให้แผ่ออกไปรอบ ๆ อย่าให้รากทับ กลบดินให้สูงกว่าพื้นดินเดิมเล็กน้อย เพื่อป้องกันการแช่ขังของน้ำในปากหลุม จากนั้นกดดินรอบ ๆ กิ่งตอนให้แน่นพอสมควร แต่อย่าให้แน่นมากเกินไป เมื่อปลูกเสร็จแล้วต้องรดน้ำทันทีมะนาวที่ปลูกใหม่จะได้ไม่เหี่ยว ใช้ไม้ปักและผูกเชือกยกลำต้น เพื่อป้องกันไม่ให้ลำต้นโยกคลอนเมื่อ โดนลมพัด เพราะในระยะแรกรากมะนาวยังไม่สามารถจับยึดพื้นดินได้ จนกระทั่งมะนาวตั้งตัวได้จึงเอาไม้ปักออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การให้น้ำ

มะนาวที่ปลูกใหม่ ๆ จำเป็นจะต้องให้น้ำทุกวัน หรืออาจจะวันเว้นวัน ซึ่งแล้วแต่สภาพของดิน มะนาวเป็นไม้ผลยืนต้นที่ต้องการน้ำค่อนข้างมาก ยกเว้นตอนใกล้ออกดอก ประมาณ 1 เดือน มะนาวจะต้องการน้ำน้อยมีการสะสมอาหารมาก จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการบังคับมะนาวให้ออกนอกฤดูกาล โดยการบังคับทำให้มะนาวเกิดการสะสมอาหาร และค่อย ๆ ให้น้ำและปุ๋ยมะนาวจะแตกใบใหม่พร้อมกับการออกดอก การให้น้ำทำได้หลายวิธีด้วยกันคือ 1. ใช้สายยางรด 2. การให้น้ำแบบหัวเหวี่ยงน้ำขนาดเล็ก 3 การให้น้ำแบบหยด

2.4.4 การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ยมะนาวแบ่งออกได้ 2 อย่างด้วยกันคือ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี เนื่องจากมะนาวเป็นไม้ผลยืนต้นที่ออกดอกติดผลตลอดปี จึงจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยสม่ำเสมอเป็นประจำ การใส่ปุ๋ยมะนาวที่ยังไม่ให้ผลควรใส่ปุ๋ยสูตรตัวหน้าสูง ๆ เช่น 20 –10 –10 เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของลำต้นและใบโดยใส่ 3 เดือนต่อครั้ง ต้นละ 1-2 ช้อนแกง การใส่ปุ๋ยมะนาวที่กำลังให้ผลควรใส่ปุ๋ย 1 ครั้งในฤดูแล้งและใส่ปุ๋ยเคมีอย่างน้อยปีละ 3 ครั้ง โดยใส่พร้อมกับปุ๋ยคอกในฤดูแล้ง และเข้าฤดูฝนอีก 1 ครั้ง โดยใส่ปุ๋ยสูตร 12 –24-12 เร่งการออกดอกของมะนาว และเมื่อมะนาวออกดอกและติดผลแล้วก็ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 หลังจากการเก็บเกี่ยวและตัดแต่งกิ่งแล้ว

2.4.5 การให้ผล

มะนาวจัดเป็นผลไม้ยืนต้นที่ออกดอกออกผลตลอดทั้งปี ซึ่งขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของต้นด้วย มะนาวจัดเป็นผลไม้ที่ออกดอกออกผลได้ทั้งปีก็จริง แต่ปริมาณไม่มากนัก และผลผลิตก็ไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ราคามะนาวในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะมะนาวที่เก็บเกี่ยวในช่วงตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคมของทุกปี จะมีราคาแพงมาก มะนาวที่ออกสู่ตลาดในช่วงนี้จะต้องออกดอกตั้งแต่เดือนกันยายน – ตุลาคม เพราะมะนาวตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บผลได้ ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน มะนาวจะออกดอกมากประมาณเดือนเมษายน – พฤษภาคม หลังจากที่มะนาวผ่านความแห้งแล้งมาแล้ว และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม – กันยายน เรื่อยไปจนถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงราคาถูกเนื่องมะนาวเข้าสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเก็บเกี่ยว

เนื่องจากมะนาวเป็นผลไม้ประเภท Non – Climacteric จึงไม่มีการสุก เกณฑ์การตัดสินในการเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้ซื้อและขาย ยกตัวอย่างเช่นในหน้าแล้ง ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่ามีปริมาณมะนาวออกสู่ตลาดน้อย มะนาวคุณภาพไม่ดี ลูกเล็ก แข็ง น้ำน้อย และราคาแพง ผู้บริโภคจึงมักจะเลือกมะนาวเหลืองหรือมะนาวแก่ เพราะน้ำมาก ในขณะที่เมื่อถึงหน้ามะนาว มะนาวเหลืองชนิดเดียวกันถูกนำไปทิ้งเพราะมีมะนาวเขียวเต็มตลาด และมีราคาถูก ดังนั้นเกณฑ์การเก็บเกี่ยวจึงเปลี่ยนแปลงตามสภาพความต้องการ เพราะเราสามารถจะใช้มะนาวตั้งแต่เขียวไปจนเหลืองนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ชาวสวนมักจะไม่เก็บมะนาวก่อนลูกมะนาวอายุ 4 เดือน เพราะมะนาวจะยังไม่พัฒนาเต็มที่ กล่าวคือ ยังไม่มีน้ำเปลือกเขียวจัดและยังขรุขระอยู่ มะนาวที่มักจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้นั้นจะมีผลเรียบ และมีสีผลเป็นเขียวใสผิวเรียบเป็นมัน ผลเต่งตึง ซึ่งมีอายุระหว่าง 4-6 เดือน มะนาวหลังจาก 6 เดือนจะเปลี่ยนสีผิวเรื่อย ๆ จนกลายเป็นสีเหลือง และหล่นไปในที่สุด

2.5.1 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

เนื่องจากมะนาวเป็นไม้พุ่มเตี้ย เริ่มออกผลภายในหนึ่งปี และมีระยะเวลาเก็บเกี่ยวเฉลี่ยไม่เกิน 8 ปี จึงทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม มะนาวแป้นมีลักษณะสำคัญคือ มีหนามแหลมคมซึ่งเป็นอุปสรรคในการเก็บเกี่ยวบ้างพอสมควร การเก็บเกี่ยวมะนาวแบ่งได้ตามลักษณะพื้นที่ของการเพาะปลูก คือ 1. พื้นที่การเพาะปลูกในแถบ สามพราน นครชัยศรี บ้านแพ้ว สมุทรสาคร ซึ่งใช้วิธีการปลูกแบบยกร่องนั้น ทรงพุ่มของมะนาวจะเล็กและไม่มีการขยายทางกว้างมากนัก เพราะว่าปลูกบนร่องซึ่งทำให้รากถูกจำกัดโดยน้ำที่ล้อมรอบอยู่ ทรงพุ่มจะไม่สูงมากนัก คือประมาณ 2.5 เมตร ดังนั้นจึงสะดวกต่อการเก็บโดยมือหรือหากสูงมากเกินเอื้อม อาจจะใช้ตระกร้อสอยเอาได้ การเก็บเกี่ยวลักษณะนี้ทำให้ผลที่ได้ไม่บอบช้ำ

2. พื้นที่ปลูกในเขตท่ายาง บ้านลาด แก่งกระจาน เพชรบุรี เป็นการปลูกแบบมะนาวไร่ ต้นไม้มีโอกาสขยายออกไปได้ทุกทิศทุกทาง ตามระยะการปลูกดังนั้น ต้นไม้จึงเจริญเติบโตได้ดีมีผลผลิตมาก ความสูงของต้นขนาด 3 เมตรเป็นขนาดปรกติของมะนาวในแถบนี้ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวโดยใช้มือเก็บนั้นแทบจะเป็นไปไม่ได้ อันเนื่องมาจากที่มะนาวมีกิ่งก้านมาก และก็ไม่นิยมตัดแต่งกิ่ง เพราะมะนาวออกลูกปลายกิ่ง หากตัดทิ้งดอกมะนาวก็จะไม่เกิด วิธีการเก็บนั้นจะใช้ไขมีดขนาดเล็กผูกติดปลายไม้ไผ่ แล้วใช้มีดนี้ขึ้นไปปลิดขั้วมะนาวให้หล่นลงพื้นแล้วจึงเข้าไปเก็บ วิธีการเก็บเกี่ยวแบบนี้ ทำให้มะนาวได้รับความกระทบกระเทือนมากหรือน้อยนั้น ตามความสูงและแรงปะทะระหว่างผลและพื้นดิน การเก็บเกี่ยวแบบนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับมะนาวที่จะนำมาเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การคัดเกรดมะนาว

ในตลาดอำเภอท่ายางจะมีการคัดเกรดมะนาวออกเป็น 7 ขนาด ด้วยกันคือ

1. เบอร์ 500 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรขึ้นไป
2. เบอร์ 600 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร
3. เบอร์ 700 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร
4. เบอร์ 800 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร
5. เบอร์ 1000 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 เซนติเมตร
6. เบอร์ 1200 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร
7. เบอร์ 1400 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร

2.7 การเก็บรักษามะนาว

ปกติมะนาวที่ยังเขียวสามารถเก็บได้นาน 2 สัปดาห์ ในอุณหภูมิห้อง ธรรมดาแล้วจะเริ่มเน่า ทั้งนี้เพราะตามธรรมชาติเซลล์ของมะนาวยังมีชีวิต จึงมีการหายใจเอาออกซิเจนเข้าไป และคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การหายใจทำให้เกิดความร้อนที่มีผลต่อการเก็บมะนาวถ้าหายใจเร็วมะนาวก็จะเสียเร็วขึ้น การจับมะนาวแรงๆ ก็เป็นการเร่งการหายใจของมะนาว ทำให้ผลเหี่ยวทำให้เกิดการเน่าเพราะเชื้อราตามผิวของมะนาว

ดังนั้นการเก็บมะนาวเป็นการทำให้อัตราการหายใจช้าลงโดยลดอุณหภูมิ และปรับปริมาณออกซิเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่เก็บให้พอเหมาะ อุณหภูมิที่พอเหมาะควรอยู่ระหว่าง 10 – 16 องศาเซลเซียส การเก็บมะนาวควรจะเริ่มต้นด้วยการคัดมะนาวเอาผลที่แก่พอเหมาะ ลักษณะดีสดสีเขียวจัด ไม่มีสีเหลืองปน ไม่ช้ำเป็นรอยเน่า ควรเลือกเก็บผลที่มีขั้วติดอยู่ เพราะเชื้อราจะเข้าไปทำลายทางบาดแผลนี้ มีวิธีในการเก็บต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การบรรจุไหหมกทราย นำทรายมาทำความสะอาดโดยการล้างหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งน้ำที่ล้างใส เกลี่ยทรายบนภาชนะแบน ๆ นำไปตากแดดจัด ๆ 3 แดด ตวงทราย 20 ถ้วย ต่อน้ำต้มหรือน้ำกลั่นแล้ว 5 ถ้วยเพื่อให้ทรายมีความชื้นพอเหมาะ เรียงมะนาวที่เตรียมไวในไหหรืออ่างดิน ห่างกันประมาณครึ่งเซนติเมตร เอาทรายที่เตรียมไว้กลบสลับกันไปเป็นชั้น ๆ ปิดปากอ่างด้วยกระดาษแข็งเจาะรู หมั่นพรมด้วยน้ำสะอาดเมื่อสังเกตเห็นว่าทรายเริ่มแห้งเกินไปจากเดิม วิธีนี้จะเก็บมะนาวได้ประมาณ 1 เดือน

2. การห่อด้วยกระดาษ เอามะนาวที่ล้างฆ่าเชื้อแล้วใส่กระดาษสะอาดห่อเก็บไว้ในที่เย็น ๆ อุณหภูมิประมาณ 10 – 12.5 องศาเซลเซียส มีความชื้นประมาณ 80 – 85 % ช่วยให้มะนาวไม่เหี่ยวเร็วและเก็บมะนาวได้ประมาณ 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เก็บมะนาวในขวดแก้วสะอาดและแห้ง ขวดที่ใช้ควรเป็นขวดฝาเกลียวและเจาะรู ทำท่อให้ลมเข้าออกตรงปากขวด เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร บรรจุมะนาวที่สะอาดและแห้งแล้วประมาณ 3ใน 4 ของขวด เหลือที่ว่างไว้ 1 ใน 4 เก็บไว้ในตู้เย็น 10 องศาเซลเซียส วิธีนี้สามารถเก็บได้นาน 3 – 5 เดือน

4. เก็บมะนาวที่เตรียมไว้ในถุงพลาสติกเจาะรูห่าง ๆ รอบ ๆ ถุง แล้วเก็บในตู้เย็น 10 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นานประมาณ 3 เดือน

5. การเคลือบขี้ผึ้ง วิธีนี้ต้องลงทุนมากเหมาะสำหรับจะทำไว้วางขายในร้านมากกว่า การเคลือบผิวทำให้ผิวสวยน่ารับประทาน นำขี้ผึ้งอุ่นมาเคลือบผิวมะนาวที่แห้งบรรจุลังไม้ใส่เศษกระดาษกันกรทบกระเทือนเก็บในที่เย็น 10 องศาเซลเซียส ความชื้น 89 % และถ้ามีการระบายอากาศของออกซิเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์พอเหมาะ จะเก็บได้นานถึง 7 เดือน

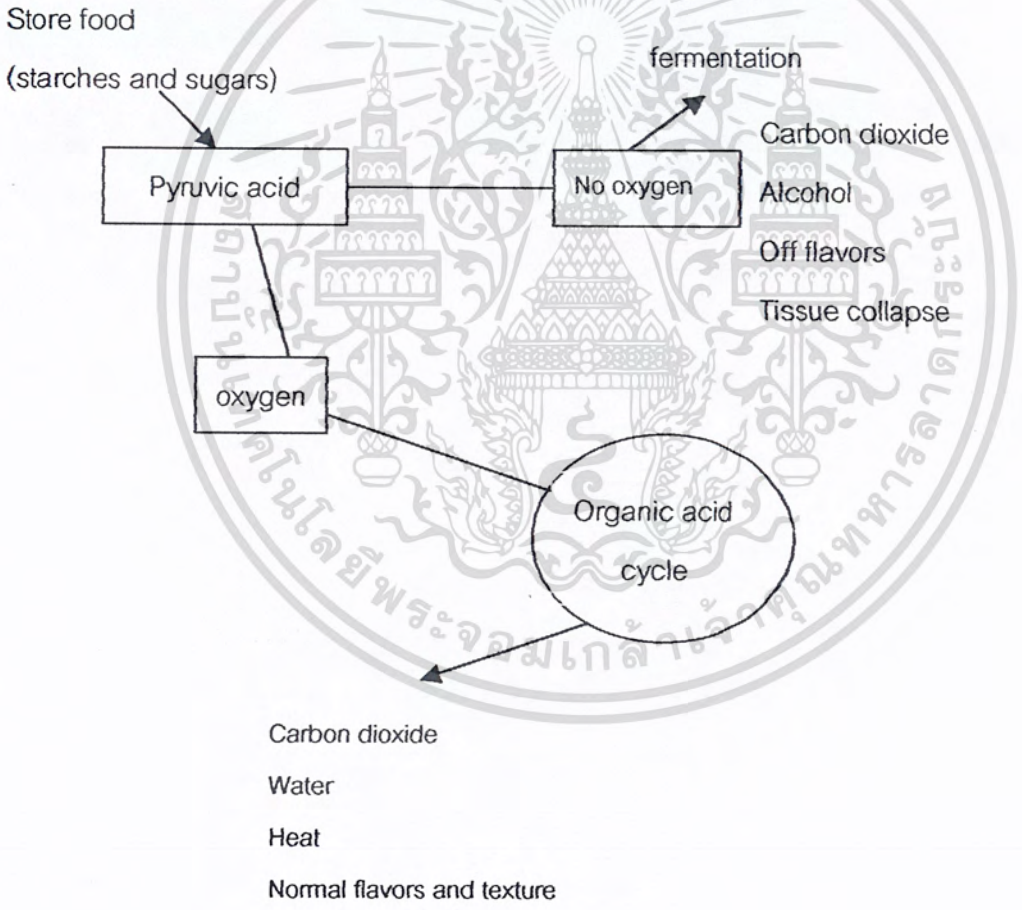
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การหายใจ(Respiration)

การหายใจ คือกระบวนการเมตาบอลิซึ่มของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยปกติจะมีสามขั้น คือ 1.สลาย Polysaccharides ทำให้เกิดน้ำตาลอย่างง่าย 2. oxidationน้ำตาลจะได้pyruvic acid 3. เปลี่ยนรูป pyruvic acid และ acid อื่นๆ จะได้CO_2,น้ำ และพลังงานแต่ในสภาวะอากาศที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีออกซิเจน การออกซิเดชั่นของคาร์โบไฮเดรตเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์และได้พลังงานน้อยกว่าการหายใจในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยกว่าปกติ

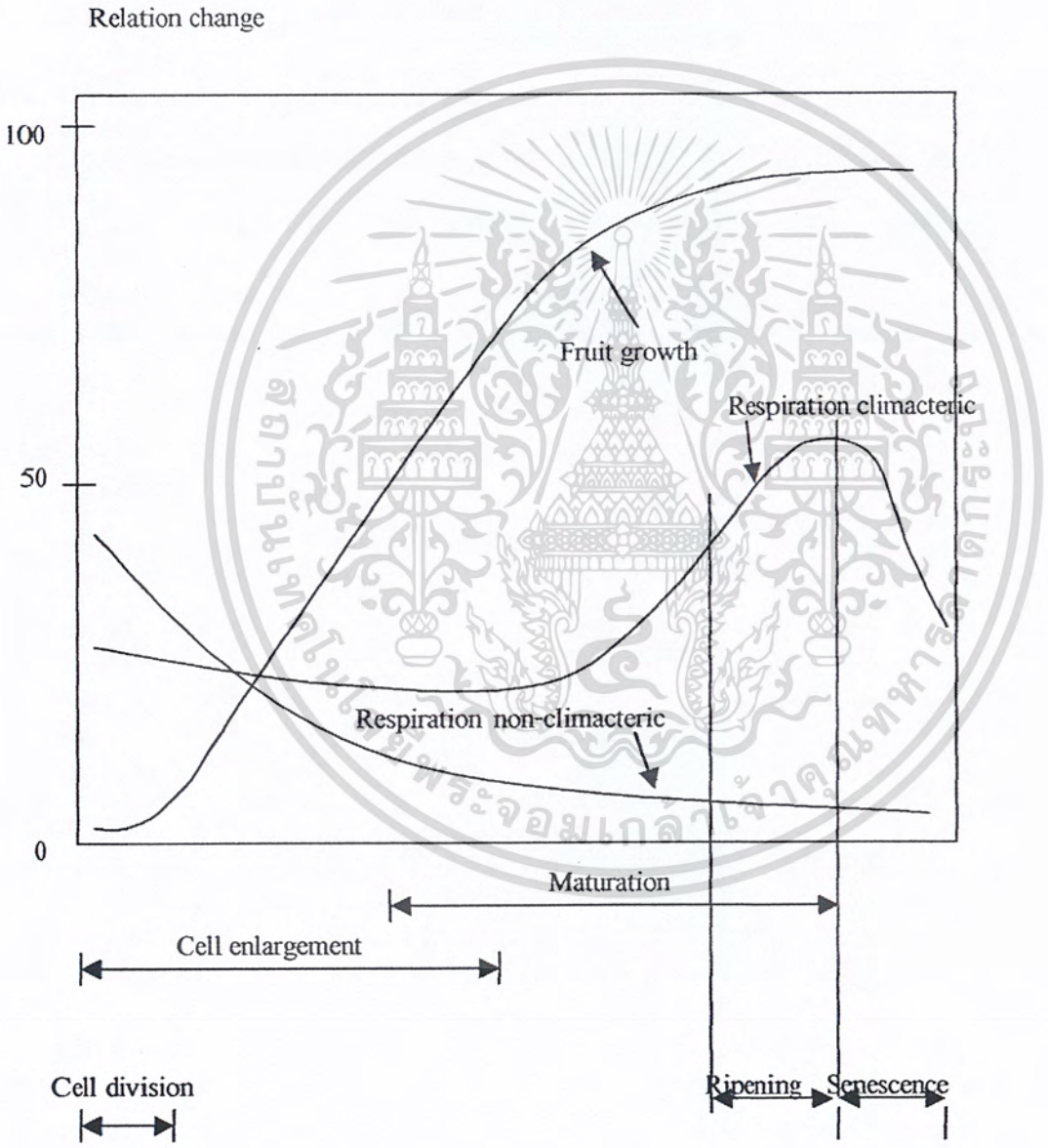
รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการหายใจของมะนาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปลักษณะการหายใจของผลไม้แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังรูป 3.2 คือพวกที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาที่แก่และสุก เรียกว่าเป็นพวก Climacteric ผลไม้พวกนี้ได้แก่มะม่วง กล้วย เป็นต้น อีกพวกหนึ่งเป็นพวกที่อัตราการหายใจไม่เพิ่มขึ้น ในขณะแก่และสุกเรียกว่า Non-Climacteric ผลไม้พวกนี้ได้แก่ผลไม้ตระกูลส้ม เช่น มะนาว ส้ม เป็นต้น

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการหายใจของมะนาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 การวัดอัตราการหายใจ

1. Flow through method เป็นวิธีที่เหมาะกับผักและผลไม้ เพราะว่ามีอัตราการหายใจสูง(ผลิต CO_2มาก) ผลผลิตที่ใช้จะอยู่ในช่วงการสุกซึ่งแป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล อากาศจะถูกปั๊มเข้าสู่ขวดที่บรรจุผลผลิต ในอัตราที่เหมาะสม คือไม่มีมากหรือน้อยเกินไป เพื่อให้มามารถวัดค่าสะสมของ CO_2 ตัวอย่างก๊าซจะถูกเช็คความเข้มข้นทุกๆ 1-2 ช.ม.ในแต่ละวัน ในช่วง1-2 อาทิตย์ ของการวัดจะสำคัญมาก อัตราการหายใจ สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ml. of } CO_2 \text{ per kg. per hour} = (Cf-Ci)(\text{Flow rate})/(\text{Wt.})$$

Cf = เปอร์เซ็นต์ความเข้มของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ทางไหลออก

Ci = เปอร์เซ็นต์ความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทางไหลเข้า

Flow rate = อัตราการไหลของอากาศผ่านเข้าออกขวด , ml per hour

Wt. = น้ำหนักของมะนาว , kg

สำหรับผลไม้ประเภท Climacteric จะสนใจในช่วงก่อนที่อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะว่าช่วงที่การหายใจเพิ่มขึ้นนั้นไม่สามารถ ยืดอายุการเก็บได้ เพราะหากผ่านช่วงนี้ไปแล้ว ผลไม้ก็สุกไปเรียบร้อยแล้ว

2. Close container method ในผลผลิตที่มีการหายใจต่ำ มีวิธีการคือ เริ่มต้นนำผลผลิตใส่ขวด แล้ววัดปริมาณก๊าซแล้วปิดขวดทิ้งไว้ 1-2 ช.ม. แล้วกลับมาวัดใหม่ หลังจากนั้นใส่อากาศชื้นลงไปเพื่อทำให้อัตราการหายใจเป็นปกติ ทำนาน 1-2 อาทิตย์หรือจนกว่าจะเสีย อัตราการหายใจโดยวิธี Close container method สามารถหาดังสมการ

$$\text{ml. of } CO_2 \text{ per kg. Per hour} = (Cf-Ci)(Vhead)/((t)(Wt.))$$

Vhead = ปริมาณอากาศที่เหลือภายในขวด , ml

Cf = เปอร์เซนต์ความเข้มของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ทางไหลออก

Ci = เปอร์เซนต์ความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทางไหลเข้า

Flow rate = อัตราการไหลของอากาศผ่านเข้าออกขวด , ml per hour

Wt. = น้ำหนักของมะนาว , kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 สภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled Atmosphere,CA)

เป็นนวัตกรรมที่สำคัญมาก ในการเก็บผักและผลไม้ รองลงมาจากการนำเครื่องทำความเย็นมาใช้ หลักการสำคัญของCA คือการเพิ่มหรือลดก๊าซ ทำให้ส่วนประกอบของก๊าซต่างไปจากอากาศปกติ สำหรับการเก็บผักและผลไม้ จะหมายถึงการควบคุมปริมาณ O_2และ CO_2ในอากาศที่เก็บ ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

2.8.3 สภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere,MA)

เป็นวิธีการเก็บรักษาผักและผลไม้ โดยการเพิ่มหรือลดก๊าซในบรรยากาศ คล้ายคลึงกับ CA แต่ใน MA นั้นจะใช้คุณสมบัติการซึมผ่าน(permeability)ของวัสดุที่ใช้บรรจุผลผลิต เช่นถุงพลาสติก เป็นตัวควบคุมสภาพบรรยากาศ กล่าวคือ ถุงพลาสติกหรือถุง Polymer จะให้ก๊าซบางชนิดผ่านเข้าออกได้ ซึ่งคุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ , ความหนาของถุง และขนาดของถุง โดยคำนวณได้จากสูตร

$$P = 5.39\ V * L * (Gf - Gi) / (A * t * T * (2Gs - Gf - Gi)$$

P = อัตราการซึมผ่านของฟิล์ม ml * μm / m^2 /hr / atm

V = ปริมาตรที่ว่างภายในภาชนะบรรจุ m^3

A = พื้นที่ที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซ m^2

L = ความหนาของฟิล์ม m

t = ช่วงเวลาในการซึมผ่าน hr

T = อุณหภูมิของก๊าซที่ซึมผ่าน องศาเคลวิน

Gs = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของก๊าซที่ใช้ทดสอบ

Gf and Gi = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเริ่มต้นและสุดท้ายที่วัดได้จากการทดลอง

และจากการคำนวณ โดยมีข้อมูลทางกายภาพของวัสดุที่ใช้บรรจุผลผลิต รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิต เช่นอัตราการหายใจ ทำให้สามารถที่จะคำนวณและออกแบบ ชนิด ขนาด ความหนาของถุง รวมทั้งปริมาณของผลผลิต เพื่อให้บรรยากาศภายในถุงมีสภาพที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการยืดอายุของผลผลิตได้ การใช้ MA นี้ หากเราคำนวณและสามารถออกแบบให้ถูกต้อง ก็จะยืดอายุได้นานพอกับ CA ข้อได้เปรียบของ MA ต่อ CA คือ สามารถจะห่อแบ่งผลผลิตเป็นห่อเล็ก ๆ ได้ สะดวกแก่การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขายปลีก ในขณะที่ CA จะเป็นการลงทุนที่สูง ต้องเก็บผลผลิตครั้งละมาก ๆ ไม่สามารถจะแบ่งออกมาใช้น้อย ๆ ได้ เมื่อเปิดห้อง CA แล้ว การที่จะให้สภาพบรรยากาศกลับไปที่ค่าเดิมใช้เวลานาน ซึ่งจะทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหายได้

เราสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของก๊าซได้จากสมการ

$$V\, dO_2/dt = [PmO_2 * A(pO_2atm - pO_2inside)]/L - RO_2 * W$$

$$V\, dCO_2/dt = [PmCO_2 * A(pCO_2atm - pCO_2inside)]/L - RCO_2 * W$$

$V\, dO_2/dt$, $V\, dCO_2/dt$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของ O_2 และ CO_2

Pm = อัตราการซึมผ่านของก๊าซผ่านภาชนะบรรจุ ml * µm / m^2 /hr / atm

A = พื้นที่ที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซ m^2

L = ความหนาของฟิล์ม m

RO_2 , RCO_2 = อัตราการหายใจของผลผลิต ml / kg / hr

W = น้ำหนักของผลผลิต kg

V = ปริมาตรที่ว่างภายในภาชนะบรรจุ m^3

pO_2atm , pCO_2atm = ความดันย่อยภายนอกภาชนะบรรจุของก๊าซ O_2 และ CO_2 atm

$pO_2inside$, $pCO_2inside$ = ความดันย่อยภายในภาชนะบรรจุของก๊าซ O_2 และ CO_2 atm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42379

บทที่ 3
การทดลองและเก็บข้อมูล

3.1 วัตถุดิบ

1. มะนาวที่ใช้ในการทดลองใช้มะนาวแป้น ได้จากสวนในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยคัดเลือกมะนาวพันธุ์หนึ่งที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 5 เดือน (นับตั้งแต่ติดดอกจนกระทั่งเก็บผล) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.0 เซนติเมตร

2. ถุงพลาสติกชนิด PE ชนิดหนา , PE ชนิดบาง , PP

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ผลิตโดยบริษัท Sartorius (Model A 200 S)
2. เครื่องชั่งหยาบ ผลิตโดยบริษัท Sartorius (Model 1907)
3. เครื่องวัดสี (Spectophotometer) ผลิตโดยบริษัท Shimudsu (Model UV 240) ประเทศญี่ปุ่น
4. เครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatography ผลิตโดยบริษัท Shimudsu ประเทศญี่ปุ่น
5. ถังก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจน
6. เครื่องปิดผนึกถุงแบบแถบลวดไฟฟ้า ผลิตโดยบริษัท Hamiton ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
7. เข็มฉีดยา
8. ขวด
9. สายยาง
10. ตู้ทำความเย็น อุณหภูมิต่างๆ
11. ปั๊มลม ผลิตโดยบริษัท PUMA ประเทศไต้หวัน
12. เครื่องตั้งเวลา (timer)
13. แผงควบคุมความเร็วลม
14. ที่วัดความดันโดยใช้ระดับน้ำ
15. อุปกรณ์เพิ่มความชื้น
16. อุปกรณ์วัดอัตราการซึมผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การวัดอัตราการหายใจของมะนาว (Respiration Rate Testing)

1. นำมะนาวใส่ขวดขวดละ 5 ลูก จำนวน 15 ขวด และปิดให้สนิท ดังรูป 3.1
2. นำไปชั่งน้ำหนักทุกขวด หาน้ำหนักของมะนาวของแต่ละขวดและจดบันทึกไว้
3. นำมะนาว ขวดที่ 1, 2 , 3 , 4 เก็บไว้ที่อุณหภูมิปกติ โดยต่อเข้ากับชุดควบคุมการถ่ายเทของอากาศภายในขวด ดังรูป 3.2 ซึ่งประกอบด้วยตัวตั้งเวลา (Timer) แผงควบคุมความดันลม ที่วัดความดันโดยใช้ระดับน้ำและอุปกรณ์เพิ่มความชื้น โดยให้ขวดที่ 1 , 2 มีอัตราการไหลเดียวกัน และขวดที่ 3 , 4 มีอัตราการไหลเดียวกัน
4. นำมะนาวขวดที่ 5 , 6 , 7 , 8 เก็บไว้ที่เย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยต่อเข้ากับชุดควบคุมการถ่ายเทของอากาศภายในขวด ดังรูป 3.2 เช่นเดียวกับข้อ 3 โดยให้ขวดที่ 5 , 6 มีอัตราการไหลเดียวกัน ขวดที่ 7 , 8 มีอัตราการไหลเดียวกัน
5. นำมะนาวขวดที่ 9 , 10 , 11 , 12 เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์ควบคุมการถ่ายเทของอากาศภายในขวด ดังรูป 3.2 เช่นเดียวกับข้อ 3 โดยให้ขวดที่ 9 , 10 มีอัตราการไหลเดียวกัน ขวดที่ 11 , 12 มีอัตราการไหลเดียวกัน
6. นำมะนาวขวดที่ 13 ซึ่งปิดฝาสนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิปกติ
7. นำมะนาวขวดที่ 14 ซึ่งปิดฝาสนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
8. นำมะนาวขวดที่ 15 ซึ่งปิดฝาสนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
9. หลังจากการเก็บ ก็จะทำการวัด โดยมีวิธีในการวัดคือ ปิดขวดมะนาวให้สนิทไม่ให้มีการถ่ายเทของอากาศ
10. เมื่อปิดแล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำเข็มมาดูดเอาก๊าซจากภายในขวด มาทำการวัดที่เครื่องวัดระดับก๊าซ
11. ทำไปเช่นนี้ดังข้อ 9 และ 10 ตลอดช่วงที่มีการติดตามผล
12. แล้วนำมาคำนวณจากสูตร ข้างล่าง ก็จะได้อัตราการหายใจของมะนาว ตลอดทุก ๆ ช่วงของเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล

$$\text{ml. of } CO_2 \text{ per KG. Per hour} = (Cf-Ci)(Vhead)/((t)(Wt))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การหาค่าการซึมผ่านของฟิล์ม (Permeability of Film of Film testing)

1. แผ่นฟิล์ม หรือ ถุงพลาสติก มาตัดเป็นรูปขนาดเท่าอุปกรณ์ดังรูป 3.4
2. ใส่ฟิล์ม หรือถุงพลาสติกลงไป แล้วปิดผนึกอุปกรณ์รูปที่ 3.4 ให้แน่น
3. ที่อุปกรณ์จะมีท่อสองทาง ทางหนึ่งเป็นทางเข้าของก๊าซไนโตรเจน อีกทางหนึ่งเป็นทางเข้าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
4. เปิดวาล์วปล่อยก๊าซทั้งสองชนิด เพื่อไล่อากาศภายในออกโดยมีปลายท่อปล่อยทิ้งทั้งสองข้าง
5. ปิดวาล์วปล่อยก๊าซพร้อมกัน
6. ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง
7. นำก๊าซ ฝั่งไนโตรเจนไปวัดเพื่อหาค่าอัตราการซึมผ่านของ CO_2 ในก๊าซไนโตรเจน

โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$P = 5.39\ V * L * (Gf - Gi) / (A * t * T * (2Gs - Gf - Gi)$$

3.3.3 การทดลองทำสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Testing)

1. นำมะนาวใส่ถุง 3 ชนิด คือ ชนิด PE หนา , ชนิด PE บาง , ชนิด PP โดยแต่ละชนิดใส่จำนวน มะนาวลงไปในถุง 5 ลูก , 10 ลูก , 15 ลูก อย่างละ 6 ถุง ดังรูป 3.3
2. นำมะนาวที่ใส่ถุง PE หนา ที่มีจำนวนมะนาว 5 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PE หนา ที่มีจำนวนมะนาว 10 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PE หนา ที่มีจำนวนมะนาว 15 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PE บาง ที่มีจำนวนมะนาว 5 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PE บาง ที่มีจำนวนมะนาว 10 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PE บาง ที่มีจำนวนมะนาว 15 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PP ที่มีจำนวนมะนาว 5 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

นำมะนาวที่ใส่ถุง PP ที่มีจำนวนมะนาว 10 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมะนาวที่ใส่ถุง PP ที่มีจำนวนมะนาว 15 ลูก อย่างละ 2 ถุงมาเก็บที่ 10 , 15 , 18 องศาเซลเซียส นำมาเก็บเก็บในตู้เย็น ดังรูป 3.8

3. ปิดขวดมะนาวให้สนิทไม่ให้มีการถ่ายเทของอากาศเมื่อปิดแล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

4. นำออกมาวัดระดับก๊าซโดยการใช้เข็มฉีดยา ดูดก๊าซในถุงออกมา แล้วนำไปวัดที่เครื่องวัดระดับก๊าซ บันทึกผลการทดลองในช่วงเวลาที่เก็บ

5. นำออกมาวัดอัตราความเข้มของสีเหลืองต่อสีเขียว โดยเครื่องวัดสีโดยค่าที่ได้เป็นค่า b/a โดยค่า b คือความเหลือง ค่า a คือ ความเขียว

โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$V\,dO_2/dt = [PmO_2 * A(pO_2atm - pO_2inside)]/L - RO_2 * W$$

$$V\,dCO_2/dt = [PmCO_2 * A(pCO_2atm - pCO_2inside)]/L - RCO_2 * W$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

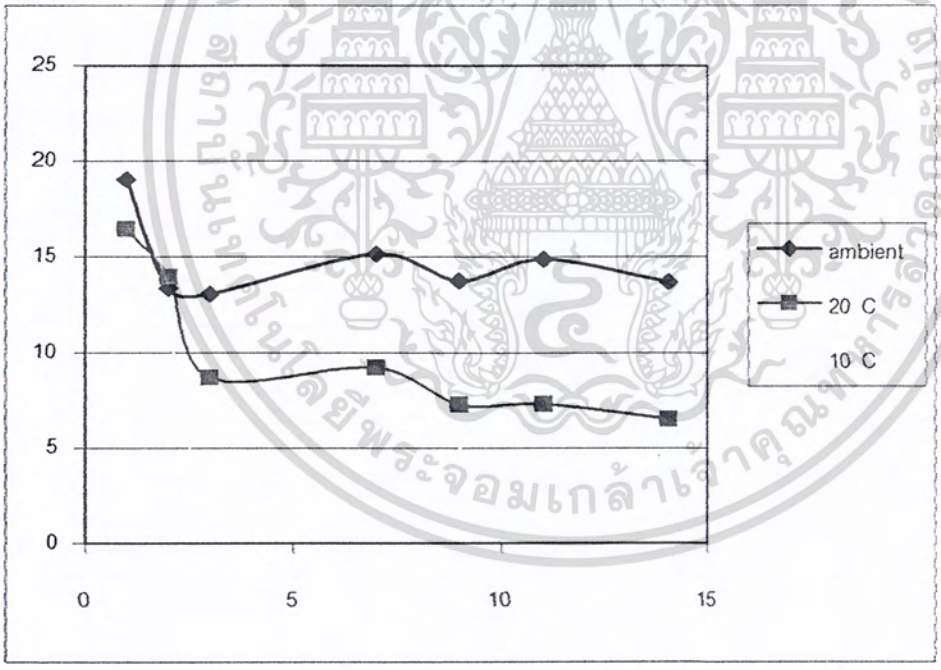
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองวัดอัตราการหายใจของมะนาว

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการหายใจในช่วงเวลา (วัน)

วัน	1	2	3	7	9	11	14
Ambient	19.0672	13.359	13.047	15.1519	13.7522	14.863	13.7013
20 C	16.4694	13.9508	8.66939	9.21698	7.24769	7.2831	6.50069
10 C	14.4715	10.7493	3.18183	3.456	4.67304	3.2378	2.97651



รูปที่ 4.1 แสดงอัตราการหายใจของมะนาว

แกน y คือ อัตราการหายใจ หน่วย $mlCO_2/hr/kg$

แกน x คือ ช่วงเวลาในการทดลอง (วัน)

The average respiration rate of Ambient(30 C) =14.103 ml/kg/hr

The average respiration rate of 20 C = 7.7835 ml/kg/hr

The average respiration rate of 10 C = 3.505 ml/kg/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง อัตราการหายใจลดลงในทุกๆอุณหภูมิ ที่ambient ลดลงมาถึง 13 ml/kg/hr และมีค่าเฉลี่ย 14 ml/kg/hr ที่ 20 C ลดลงมาถึง 8 ml/kg/hr และมีค่าเฉลี่ย 7 ml/kg/hr ที่ 10 C ลดลงมาถึง 3 ml/kg/hr และมีค่าเฉลี่ย 3.5 ml/kg/hr และอัตราการหายใจไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากเพราะมะนาวมีลักษณะการหายใจแบบ Climacteric

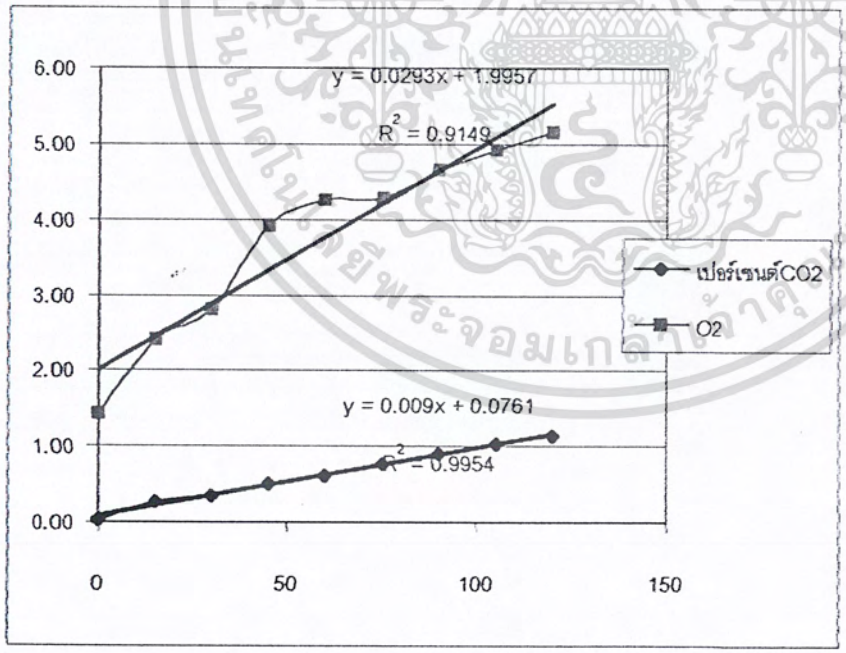
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองหาค่าการซึมผ่านของฟิล์ม

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 10 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.03	1.44
15	0.25	2.42
30	0.34	2.80
45	0.50	3.91
60	0.61	4.25
75	0.76	4.27
90	0.90	4.66
105	1.02	4.91
120	1.14	5.15



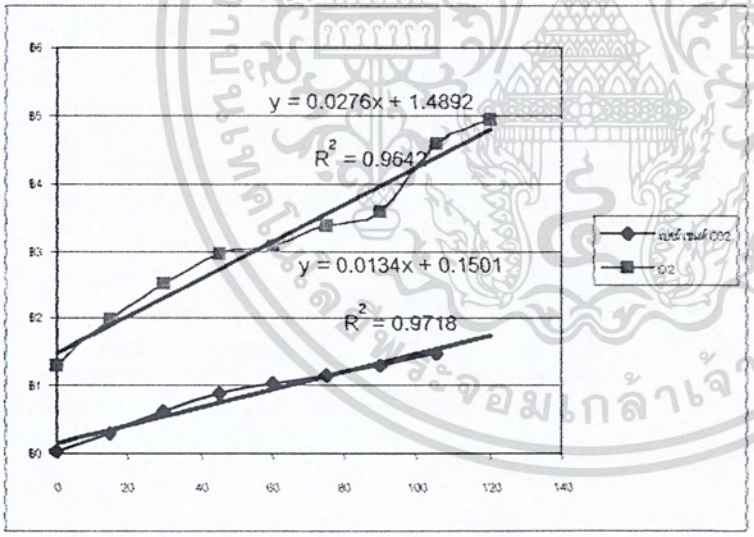
รูปที่ 4.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 15 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.04	1.31
15	0.31	1.99
30	0.63	2.52
45	0.87	2.95
60	1.04	3.06
75	1.15	3.37
90	1.31	3.58
105	1.49	4.58
120	1.63	4.94



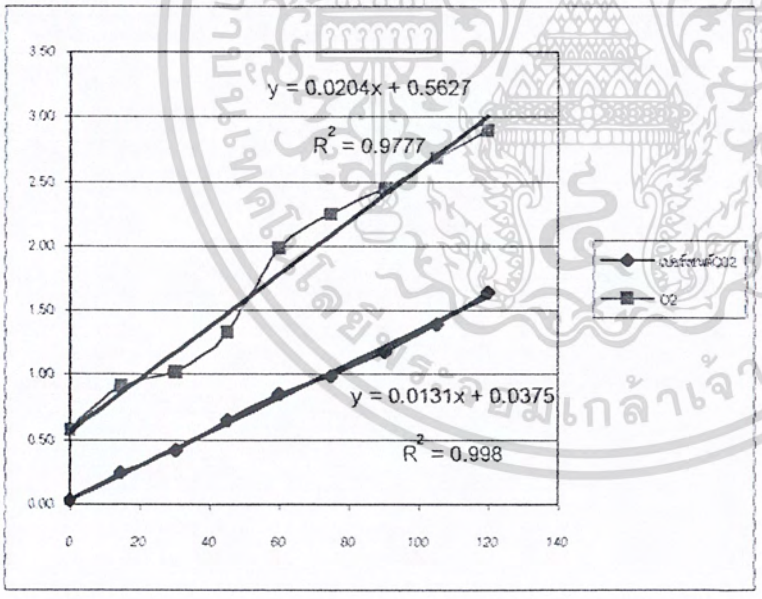
รูปที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิด PEหนาที่อุณหภูมิ 20 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.02	0.57
15	0.24	0.91
30	0.42	1.01
45	0.65	1.33
60	0.85	1.98
75	1.00	2.25
90	1.17	2.45
105	1.40	2.68
120	1.63	2.90



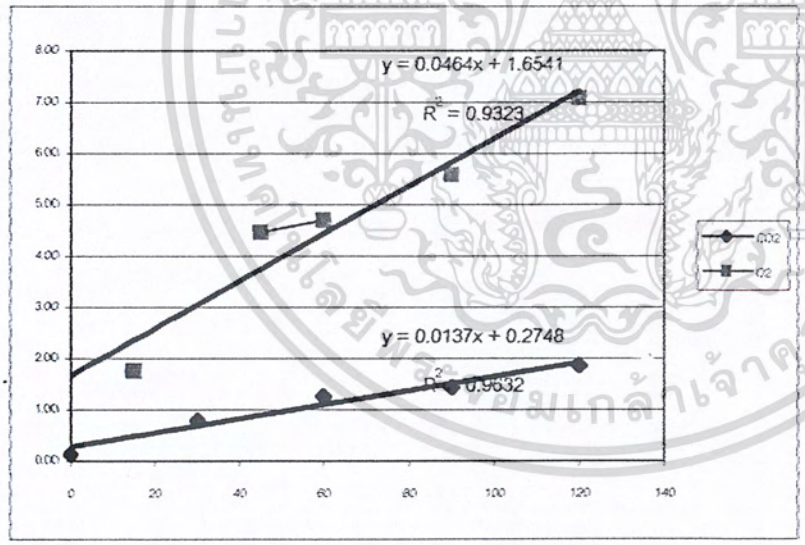
รูปที่ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 10 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.13	
15		1.75
30	0.79	
45		4.47
60	1.26	4.70
75		
90	1.44	5.59
105		
120	1.86	7.08



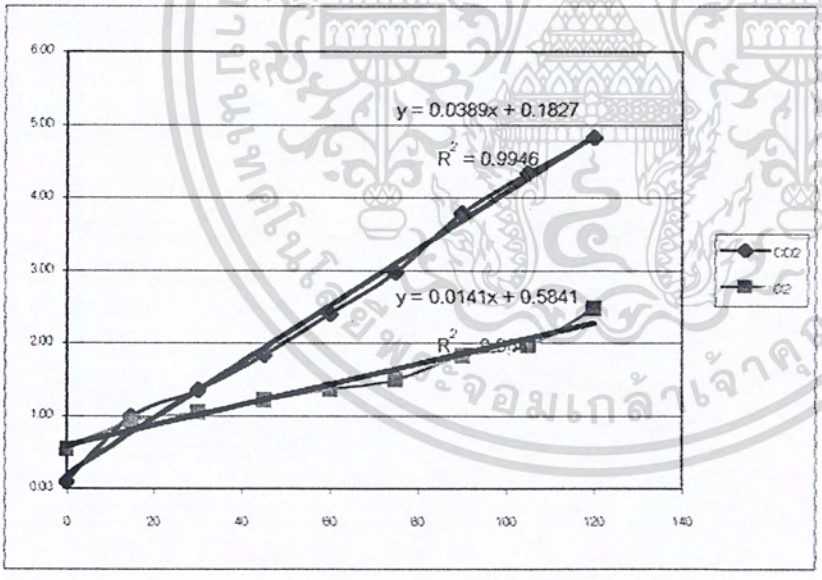
รูปที่ 4.5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 15 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.10	0.54
15	0.99	0.93
30	1.36	1.05
45	1.84	1.22
60	2.41	1.36
75	2.98	1.50
90	3.79	1.83
105	4.34	1.96
120	4.83	2.48



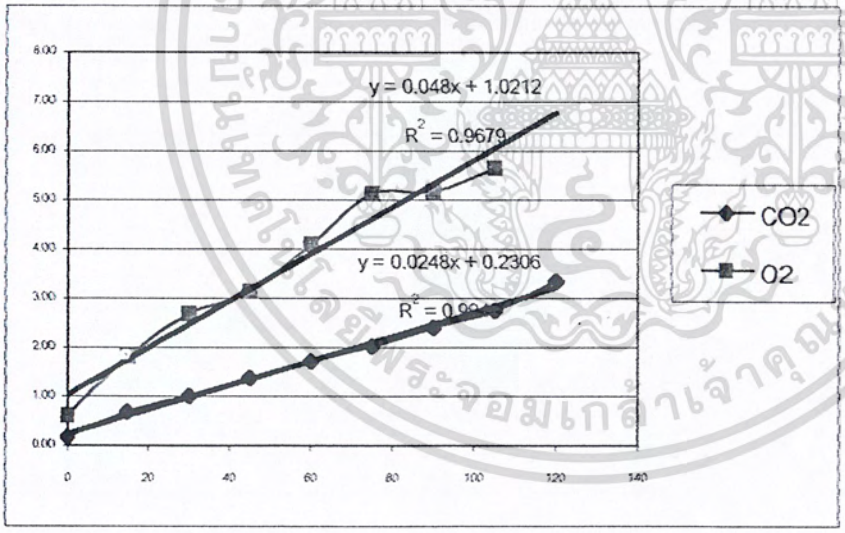
รูปที่ 4.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิดPEบางที่อุณหภูมิ 20 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.17	0.61
15	0.68	1.82
30	1.01	2.68
45	1.37	3.14
60	1.72	4.10
75	2.02	5.13
90	2.39	5.18
105	2.74	5.65
120	3.34	



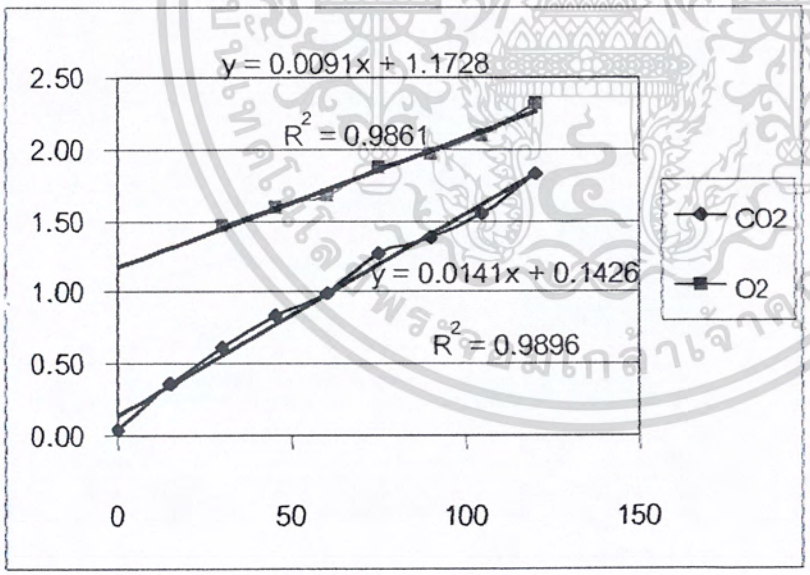
รูปที่ 4.7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 10 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.04	
15	0.36	
30	0.62	1.47
45	0.84	1.60
60	0.99	1.67
75	1.27	1.87
90	1.39	1.98
105	1.55	2.09
120	1.83	2.32



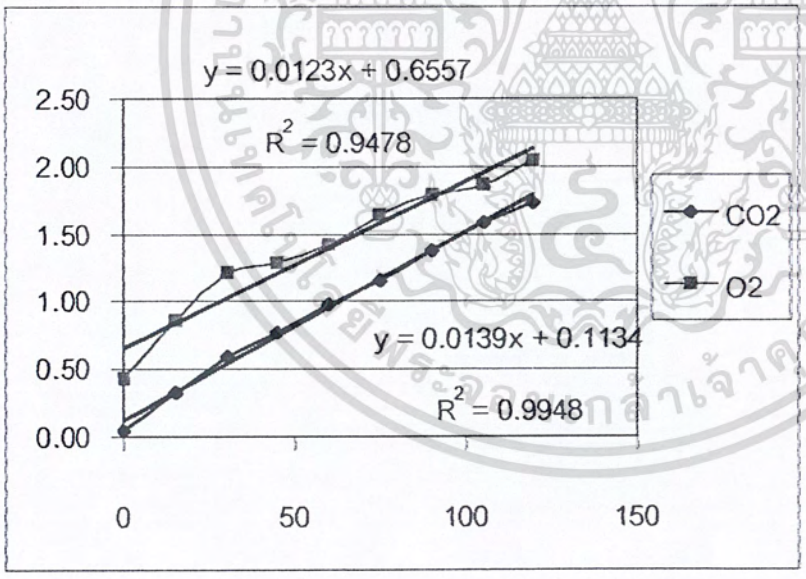
รูปที่ 4.8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 15 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.04	0.42
15	0.32	0.85
30	0.59	1.21
45	0.77	1.28
60	0.98	1.42
75	1.15	1.65
90	1.38	1.80
105	1.58	1.87
120	1.73	2.05



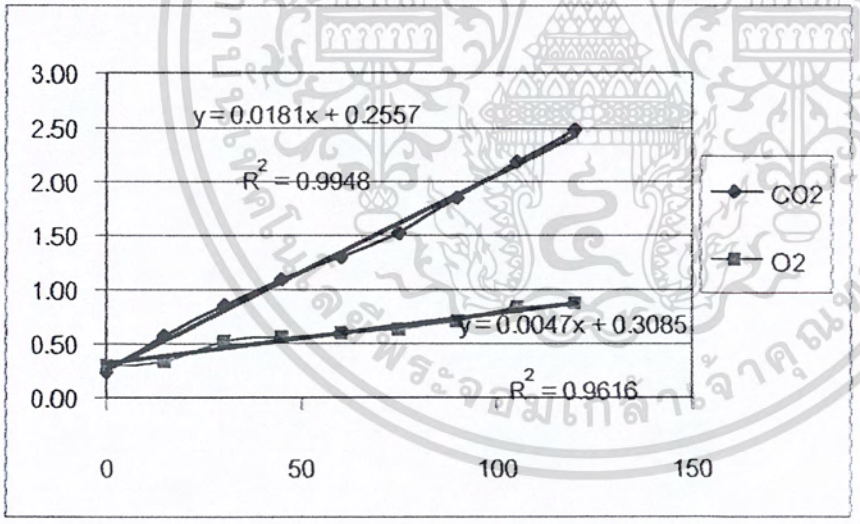
รูปที่ 4.9 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ถุงชนิดPPที่อุณหภูมิ 20 C

เวลา(min)	$\%CO_2$	$\%O_2$
0	0.23	0.30
15	0.57	0.33
30	0.85	0.51
45	1.09	0.56
60	1.29	0.59
75	1.51	0.62
90	1.85	0.71
105	2.19	0.84
120	2.49	0.87



รูปที่ 4.10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ช่วง เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการเส้นตรงที่ได้ในแต่ละกราฟ ก็จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเริ่มต้น(G_f) และเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสุดท้าย(G_i) ที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาแทนค่าในสูตร

$$P = 5.39\ V * L * (Gf - Gi) / (A * t * T * (2Gs - Gf - Gi)$$

P = อัตราการซึมผ่านของฟิล์ม ml * μm / m^2 /hr / atm

V = ปริมาตรที่ว่างภายในภาชนะบรรจุ m^3

A = พื้นที่ที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซ m^2

L = ความหนาของฟิล์ม m

t = ช่วงเวลาในการซึมผ่าน hr

T = อุณหภูมิของก๊าซที่ซึมผ่าน องศาเคลวิน

Gs = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของก๊าซที่ใช้ทดสอบ

Gf and Gi = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเริ่มต้นและสุดท้ายที่วัดได้จากการทดลอง

ตาราง 4.11 แสดงค่าอัตราการซึมผ่าน

ถุงชนิดPEหนา ml CO_2*micrometer per m^2per hr

ชนิดก๊าซ	อุณหภูมิ (^{0}C)	Gs	Gf	Gi	per Kpa	per atm
CO_2	10	99	0.62	0.08	157.37	15945.58
	15	99	0.95	0.15	230.72	23377.84
	20	99	0.82	0.04	221.43	22436.73
O_2	10	20.6	3.75	2.00	2851.47	288925.62
	15	20.6	3.15	1.49	2558.91	259281.99
	20	20.6	1.79	0.56	1749.75	177293.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.12 แสดงค่าอัตราการซึมผ่าน

ถุงชนิดPEบาง ml CO_2*micrometer per m^2per hr

ชนิดก๊าซ	อุณหภูมิ (°C)	Gs	Gf	Gi	per Kpa	per atm
CO_2	10	99	1.10	0.27	80.13	8118.86
	15	99	2.52	0.18	225.08	22806.61
	20	99	1.72	0.23	140.51	14237.14
O_2	10	20.6	4.44	1.65	1519.91	154005.11
	15	20.6	1.43	0.58	406.62	41200.75
	20	20.6	3.90	1.02	1469.69	148916.31

ตาราง 4.13 แสดงค่าอัตราการซึมผ่าน

ถุงชนิดPP ml CO_2*micrometer per m^2per hr

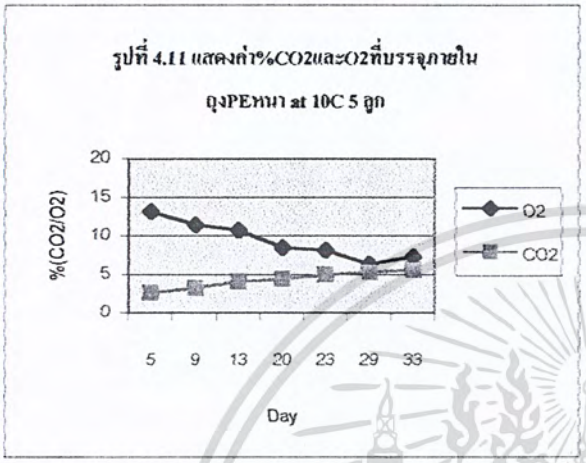
ชนิดก๊าซ	อุณหภูมิ (°C)	Gs	Gf	Gi	per Kpa	per atm
CO_2	10	99	0.99	0.14	54.91	5563.80
	15	99	0.95	0.11	53.17	5387.73
	20	99	1.34	0.26	68.24	6914.80
O_2	10	20.6	1.72	1.17	182.12	18453.42
	15	20.6	1.39	0.66	236.69	23982.26
	20	20.6	0.59	0.31	86.36	8750.45

สรุปผลการทดลอง ถุง PEบางและถุงPP มีอัตราการซึมผ่านสูงกว่า ถุงPEหนาทั้งในส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการซึมผ่านของออกซิเจนสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงทุกชนิด ดังนั้นอัตราการซึมผ่านจึงขึ้นกับชนิดของถุงและอุณหภูมิ

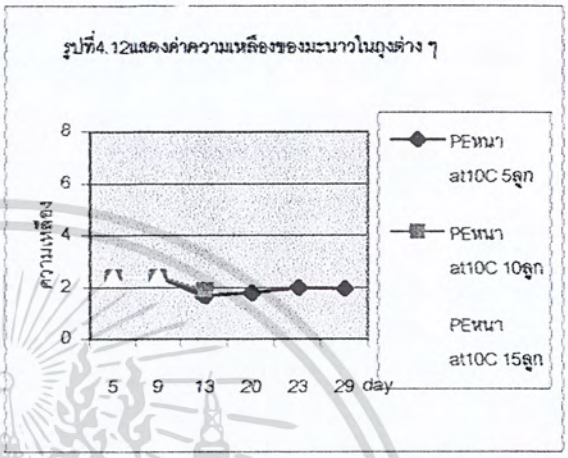
4.3 ผลการทดลองทำสภาพบรรยากาศดัดแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

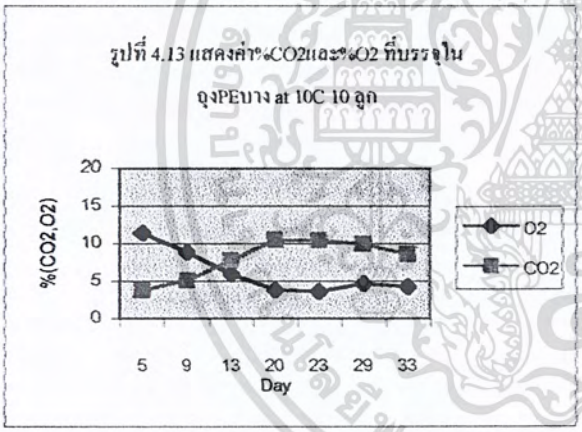
4.3 ผลการทดลองทำสภาพบรรยากาศดัดแปลง



รูปที่ 4.11 แสดงค่า%CO2และO2ที่บรรจุภายในถุงPEหนา at 10C 5 ลูก

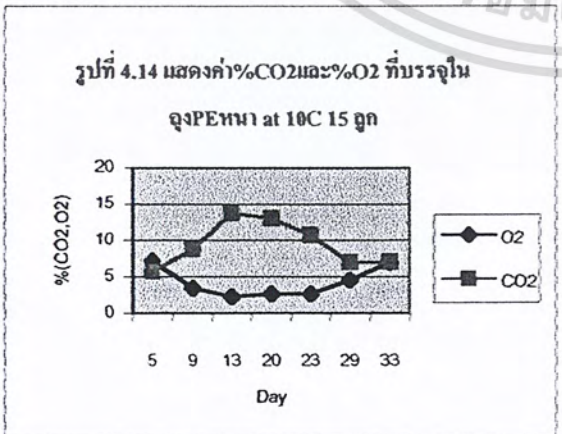


รูปที่4.12แสดงค่าความเหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ



รูปที่ 4.13 แสดงค่า%CO2และ%O2 ที่บรรจุในถุงPEบาง at 10C 10 ลูก

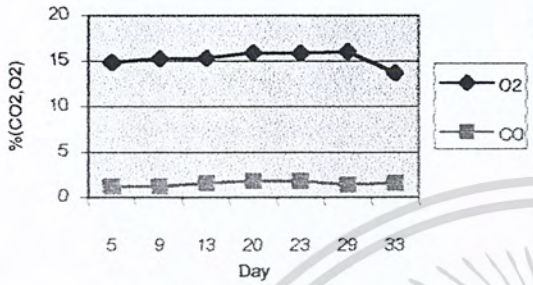
ผลการทดลอง จากผลการทดลอง ที่5,10และ 15 ลูก จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนมะนาวมากขึ้นจะทำให้มีการหายใจมากขึ้นสังเกตได้จากปริมาณออกซิเจนที่ลดลงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีมากขึ้น ผลที่เกิดขึ้นคือทุกถุงมีการเน่าเนื่องจากออกซิเจนมีปริมาณต่ำเกินไปโดยสังเกต จากกราฟแสดงสีว่าไม่มีการเพิ่มค่าความเหลืองเลย



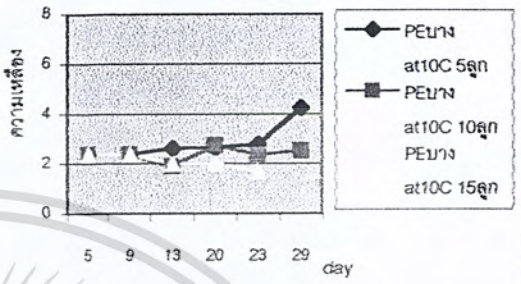
รูปที่ 4.14 แสดงค่า%CO2และ%O2 ที่บรรจุในถุงPEหนา at 10C 15 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

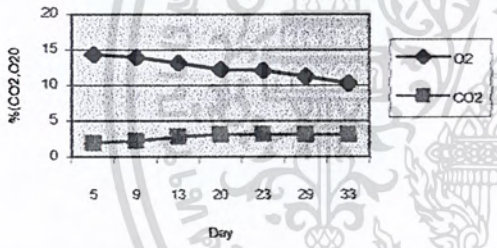
รูปที่ 4.15 แสดงค่า%CO2และ%O2 ที่บรรจุใน ถุงPEบาง at 10C 5 ลูก



รูปที่4.16แสดงค่าความเหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ

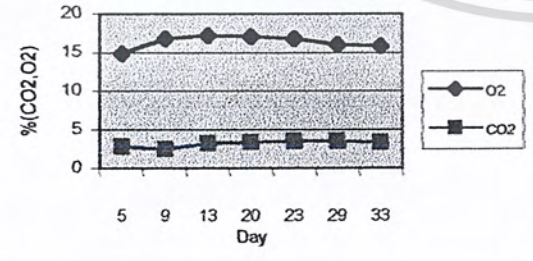


รูปที่ 4.17 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุ ภายในถุงPEบาง at 10C 10 ลูก



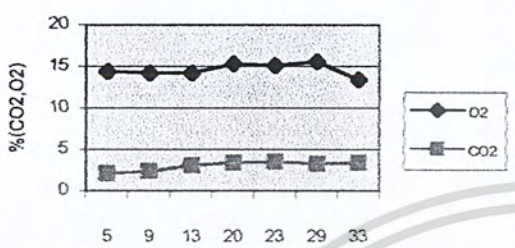
ผลการทดลอง จากผลการทดลอง ที่5,10และ 15 ลูก จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนมะนาวมากขึ้นจะทำให้มีการหายใจมากขึ้นสังเกตได้จากปริมาณออกซิเจนที่ลดลงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีมากขึ้น สังเกตได้ว่าที่ถุง 15 ลูกอาจมีการรั่วเนื่องจากออกซิเจนมีมากผลที่เกิดขึ้นคือถุง5ลูกจะมีความเหลืองมากกว่าถุงที่10 ลูกเนื่องจากมีออกซิเจนมากกว่า

รูปที่ 4.18 แสดงค่า%CO2และ%O2 ที่บรรจุใน ถุงPEบาง at 10C 15 ลูก

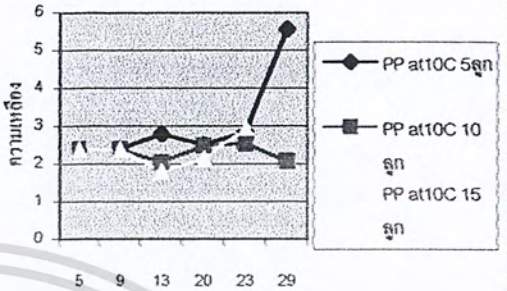


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

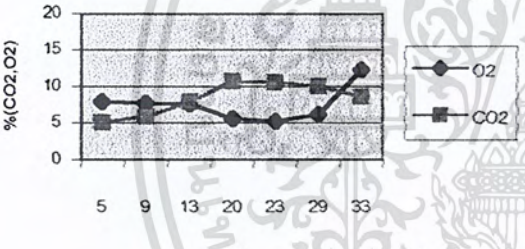
รูปที่ 4.19 แสดงค่า%CO2และO2ที่บรรจุภายในถุงPP at 10C 5 ลูก



รูปที่4.20แสดงค่าความแหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ



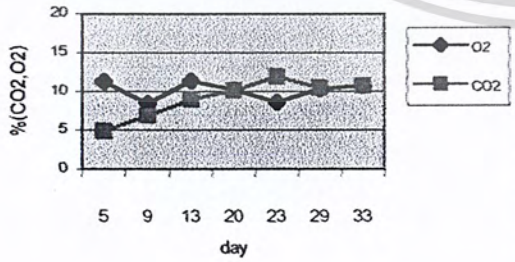
รูปที่ 4.21 แสดงค่า%CO2และ%O2บรรจุภายในถุง PP at 10C 10 ลูก



ผลการทดลอง

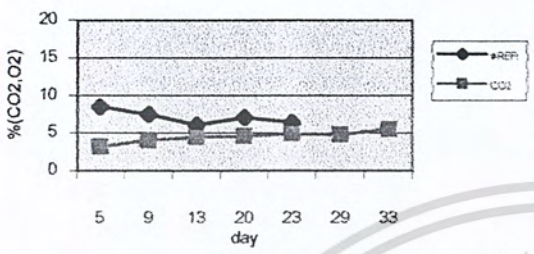
จากกราฟจะเห็นได้ว่าถุง 5 ลูกมีออกซิเจนมากทำให้หายใจได้อย่างเต็มที่ทำให้เหลือง ส่วนถุง 10 ลูกนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่ามีอาการเน่าเนื่องจากปริมาณออกซิเจนภายในถุงไม่เพียงพอต่อการหายใจ ส่วนในถุง 10 ลูกนั้นมะนาวจะคงความแข็งขวไว้ได้เนื่องจากปริมาณออกซิเจนเหมาะสม

รูปที่4.22 แสดงค่า%CO2และO2ที่บรรจุภายในถุง PP at 10C 15 ลูก

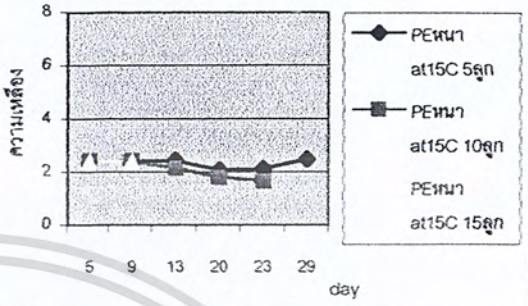


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

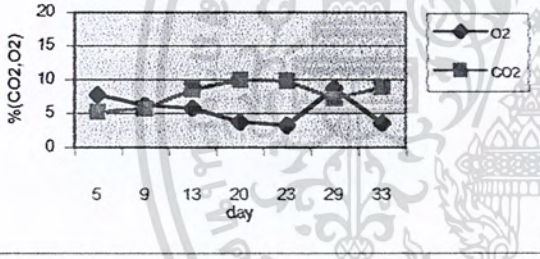
รูปที่ 4.23 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุภายใน
ถุงPEหนา at 15C 5 ลูก



รูปที่4.24แสดงค่าความเหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ

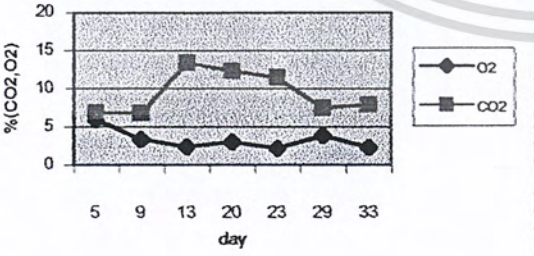


รูปที่ 4.25 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุภายในถุง
PEหนา at 15C 10 ลูก



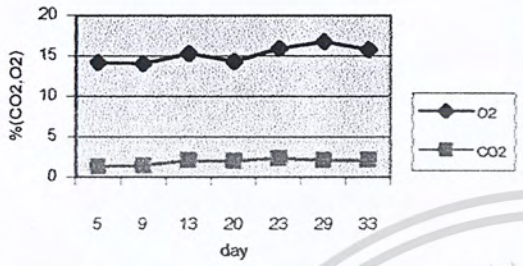
ผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าทุกถุงมีอาการเน่า เนื่องจาก ปริมาณออกซิเจนที่มีภายในถุงมีน้อยกว่าความต้องการในการหายใจของมะนาว

รูปที่ 4.26 แสดงค่า%CO2และO2 ที่บรรจุภายในถุง
PEหนา at 15C 15 ลูก

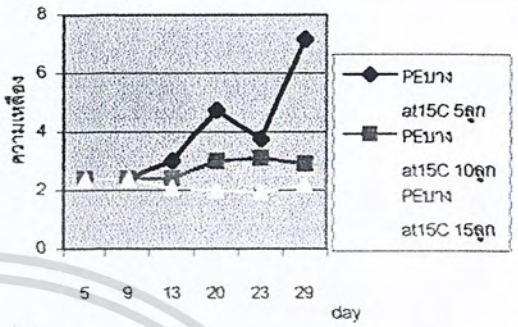


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

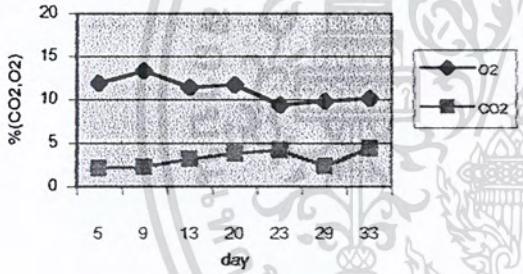
รูปที่4.27 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุภายใน ถุงPEบาง at 15C 5 ลูก



รูปที่4.28แสดงค่าความเหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ

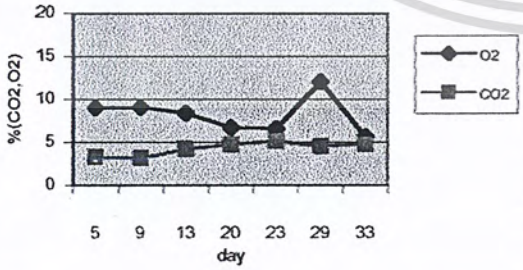


รูปที่ 4.29 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุภายใน ถุงPEบาง at 15C 10 ลูก



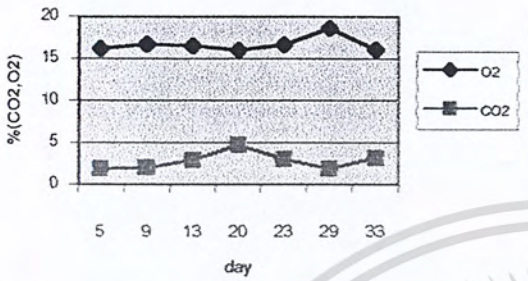
ผลการทดลอง ในถุงที่มีมะนาว 5 ลูกนั้นจะมีอาการเหลืองก่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณออกซิเจนภายในถุงมีมาก ส่วนถุง 10 ลูกนั้นจะยังคงความเขียวเอาไว้ได้เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสม ส่วนถุง 15 ลูกนั้นจะมีอาการเน่าเนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนน้อยเกินไป

รูปที่ 4.30 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุภายใน ถุงPEบาง at 15C 15 ลูก

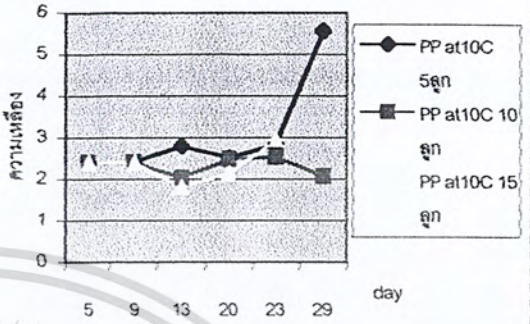


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

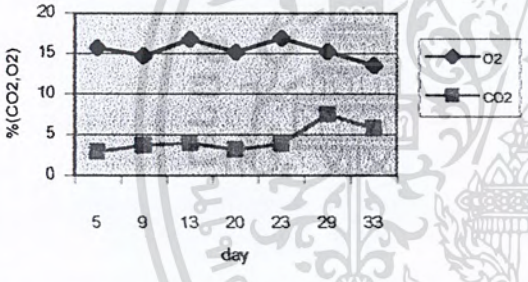
รูปที่4.31 แสดงค่า%CO2และ%O2ที่บรรจุภายใน
ถุงPP at 15C 5 ลูก



รูปที่4.32แสดงค่าความเหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ

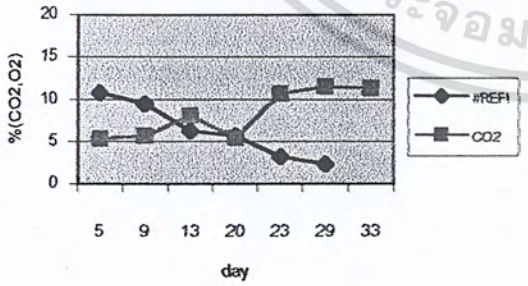


รูปที่4.33 แสดงค่า %CO2และ%O2 ที่บรรจุภายใน
ถุงPP at 15C 10 ลูก



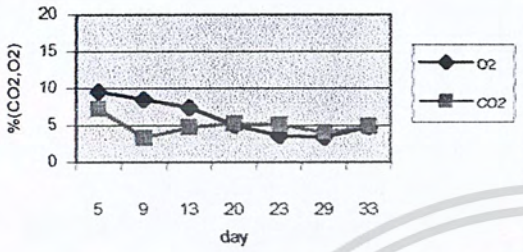
ผลการทดลอง มะนาวในถุง 5 ลูกและ 10 ลูกนั้นจะเกิดการเหลืองเนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนมากเกินไป ส่วนในถุง 10 ลูกนั้นจะเกิดการเน่าเสียเนื่องจากปริมาณออกซิเจนมีน้อยกว่าความต้องการของมะนาว

รูปที่4.34 แสดงค่า %CO2และ%O2 ที่บรรจุภายใน
ถุงPP at 15C 15 ลูก

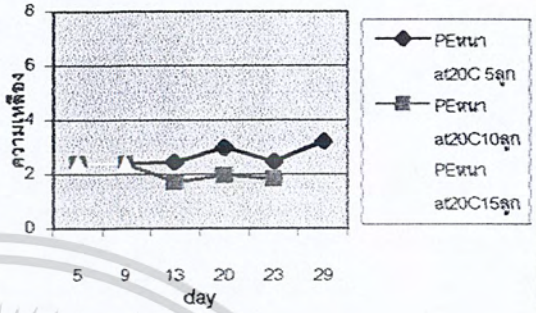


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

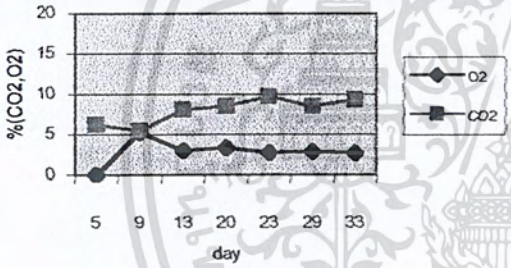
รูปที่ 4.35 แสดงค่า %CO2และ%O2 ที่บรรจุภายใน ถุงPEหนา at 20C 5 ลูก



รูปที่ 4.36แสดงค่าความเหลืองของมะนาวในถุงต่าง ๆ

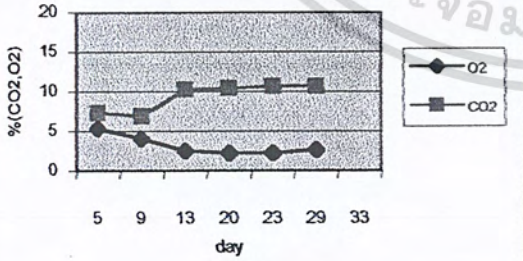


รูปที่ 4.37 แสดงค่า %CO2และ%O2 ที่บรรจุภาย ในถุงPEหนา at 20C 10 ลูก

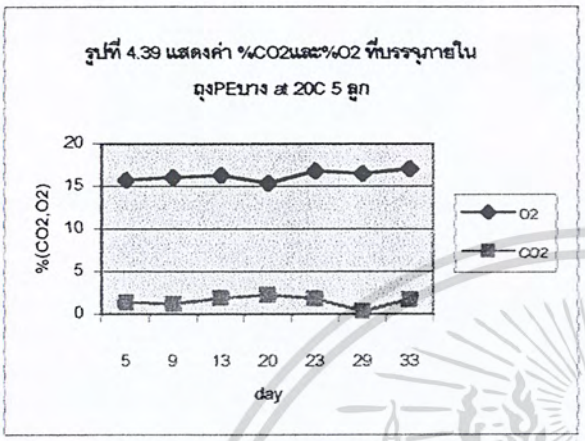


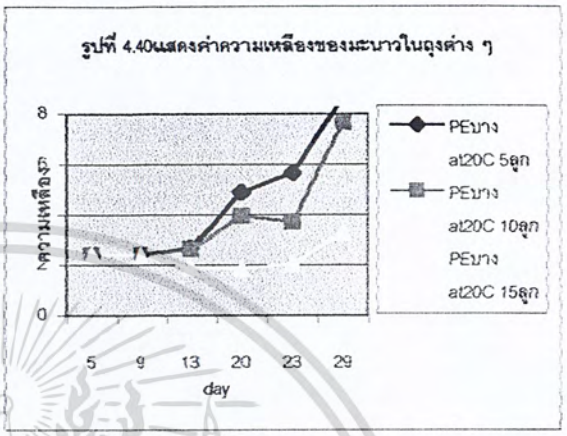
ผลการทดลอง ทุกถุงมีอาการเน่าเสียเหมือนกัน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนภายในถุงมีน้อยกว่าความต้องการในการหายใจของมะนาว

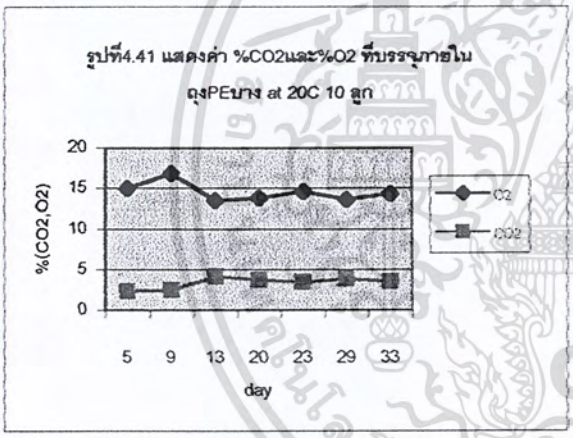
รูปที่ 4.38 แสดงค่า %CO2และ%O2 ที่บรรจุภาย ในถุงPEหนา at 20C 15 ลูก



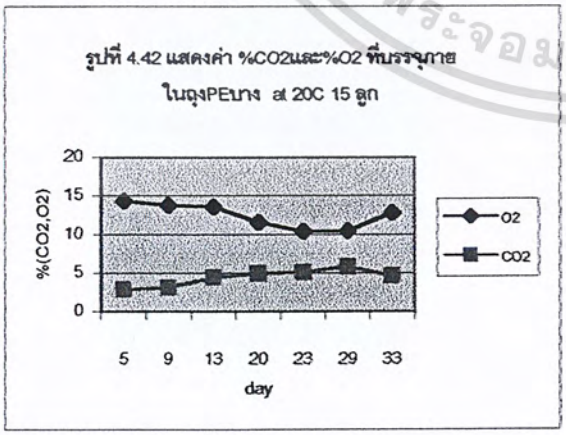
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



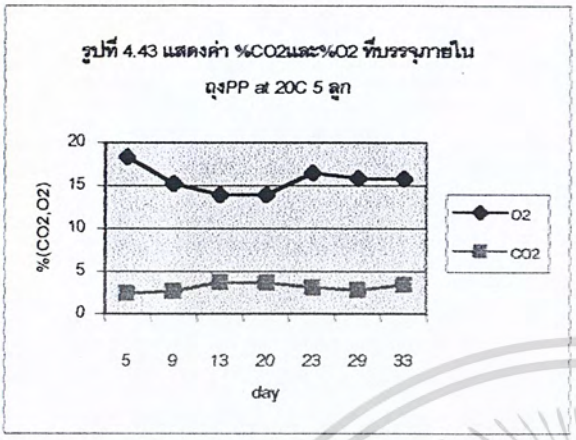


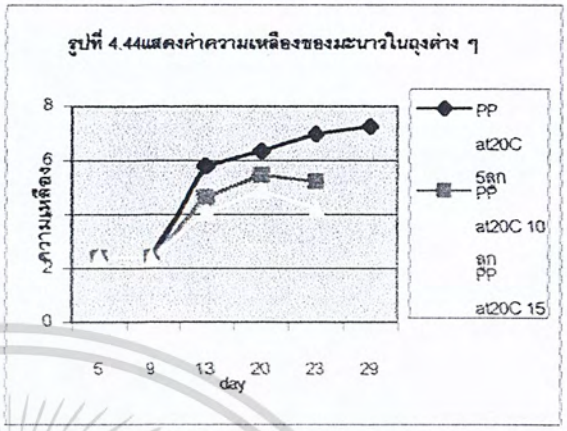


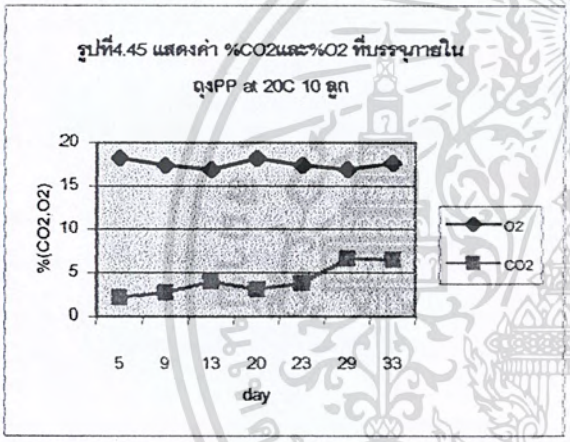
ผลการทดลอง ในถุงที่มีมะนาว 5 ลูกและ 10 ลูกนั้น จะเกิดอาการเหลืองเนื่องจากปริมาณออกซิเจนภายในถุงมีมากเกินไป ส่วนในถุง 15 ลูกนั้นจะยังคงความเขียวไว้ได้เนื่องจากปริมาณออกซิเจนภายในถุงนั้นพอเหมาะ



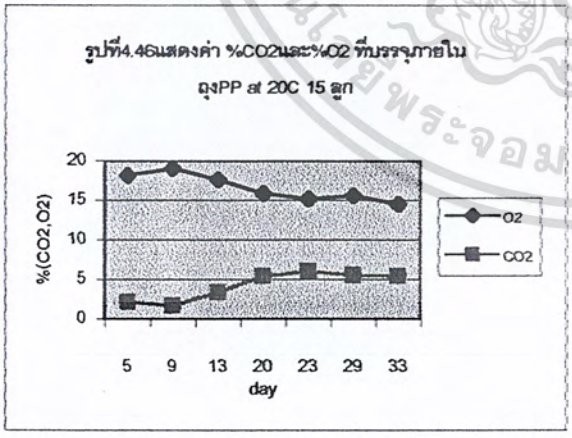
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ผลการทดลอง ทุกถุงมีอาการเหลืองหมด เนื่องจากปริมาณออกซิเจนมากเกินความต้องการของมะนาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง มะนาวในถุงPP ที่ 10 องศาเซลเซียส 10 ลูก,ถุงPEบาง ที่ 15 องศาเซลเซียส 10 ลูก และถุงPEบาง ที่ 20 องศาเซลเซียส 15 ลูกนั้นจะมีสภาพดีที่สุดคือยังคงความเขียวไว้ได้เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสม

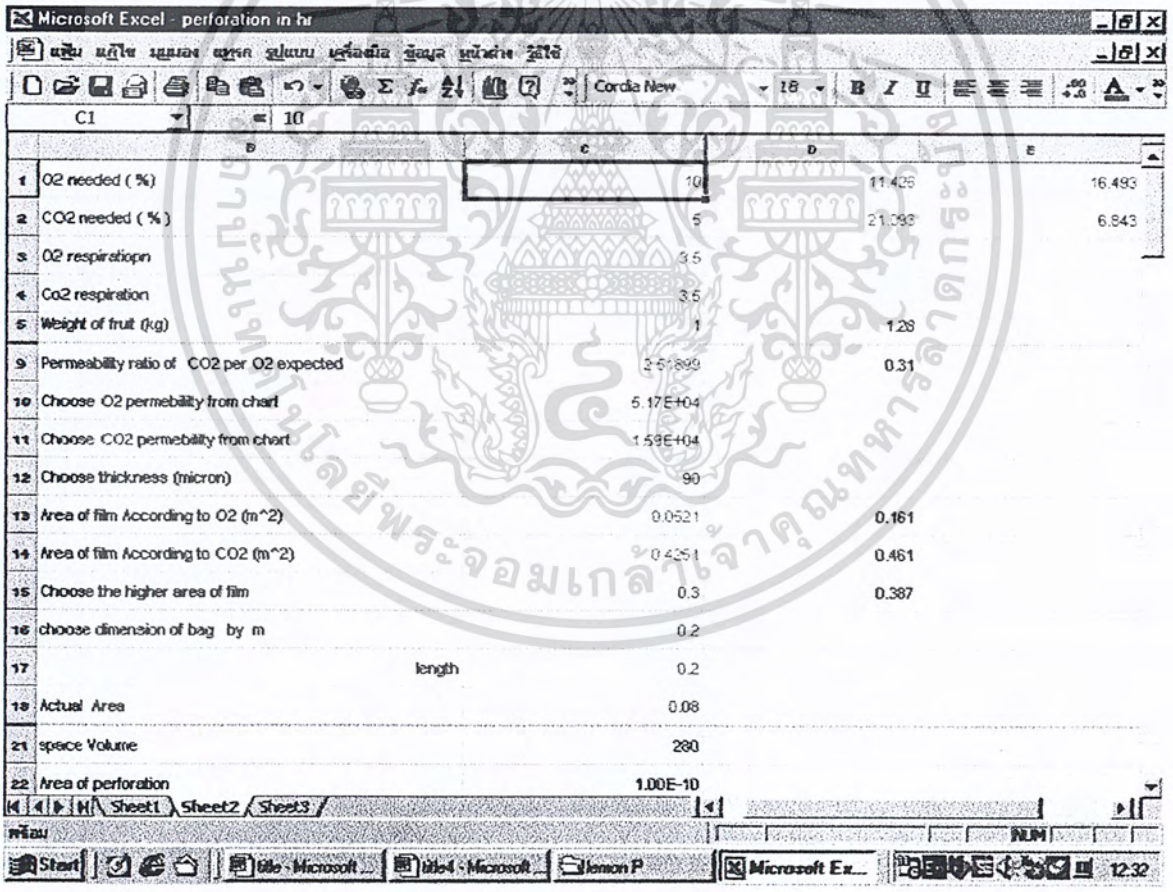
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

CPU	Cerelon 633	Mhz
RAM	128	MB
Operating system	Windows98SE	
โปรแกรมตารางข้อมูล	MSExel97	



รูปที่ 5.1 แสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 ประกอบด้วยข้อมูล 22 ชนิดคือ

ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ (O_2 needed) (%) = C1

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการ (CO_2 needed) (%) = C2

ปริมาณออกซิเจนที่คำนวณได้ (O_2 actual) (%) = D1

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณได้ (CO_2 actual) (%) =D2

ปริมาณออกซิเจนที่คำนวณได้ หลังจากเจาะรูแล้ว(O_2 actual) (%) = E1

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณได้ หลังจากเจาะรูแล้ว(CO_2 actual) (%) = E2

อัตราการหายใจ (Respiration rate) (O_2) , (ml O_2 per hr per kg) = C3

อัตราการหายใจ (Respiration rate) (CO_2) , (ml O_2 per hr per kg) = C4

น้ำหนักมะนาว (Weight of fruit) (kg) = C5

น้ำหนักมะนาวที่สามารถบรรจุได้ภายในถุงที่เลือก (kg) = D5

ความดันภายในรวม (Total pressure inside according to gases) = C6

ความดันของออกซิเจน (Pressure of O) , (atm) = C7

ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ (Pressure of CO_2) , (atm) = C8

อัตราการซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจนที่เหมาะสม (Permeability of CO_2 to O_2 expected) = C9

อัตราการซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจนจากถุงที่เราเลือกมา (Permeability of CO_2 to O_2 expected) = D9

ค่าการซึมผ่านของก๊าซ O_2 ของถุงที่เลือกใช้(Chose O_2 permeability from chart) , (ml O_2*micron per hr per m^2per atm) = C10

ค่าการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 ของถุงที่เลือกใช้(Chose CO_2 permeability from chart) , (ml O_2*micron per hr per m^2per atm) = C11

เลือกขนาดความหนา (Choose thickness) (micron) = C12

พ.ท.ของถุงที่ขึ้นกับออกซิเจน (area of film according to O_2) , (m^2) = C13

พ.ท.ของถุงที่ขึ้นกับคาร์บอนไดออกไซด์ (area of film according to CO_2) , (m^2) = C14

เลือกขนาดมีพ.ท.ที่ใหญ่กว่า (Choose the higher area of film) = C15

ขนาดของถุงที่ขึ้นกับออกซิเจน , (m)= D13

ขนาดของถุงที่ขึ้นกับคาร์บอนไดออกไซด์ , (m) = D14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของถุงที่เลือกขนาดมีพ.ท.ที่ใหญ่กว่า (Choose the higher area of film) , (m)= D15

ความกว้างของถุงที่เลือก ,(m) = C16

ความยาวของถุงที่เลือก ,(m) = C17

พื้นที่จริงของขนาดถุงที่เลือก ,(m^2) = C18

ความดันของ ออกซิเจน (Pressure of O_2) = C19

ความดันของ คาร์บอนไดออกไซด์ (Pressure of CO_2) = C20

ความดันรวมภายในถุง = D19

ความดันของ ออกซิเจน หลังจากเจาะรูแล้ว (Pressure of O_2) = E19

ความดันของ คาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากเจาะรูแล้ว (Pressure of CO_2) = E20

ที่ว่างภายในถุง (space volume) , (ml)= C21

พื้นที่ของรูที่เจาะ (Area of perforation) ,(m^2) = C22

คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

D1 = (C19)/(C19+C20+0.79)*100

D2 = (C20)/(C19+C20+0.79)*100

E1 = (E19)/(E19+E20+0.79)*100

E2 = (E20)/(E19+E20+0.79)*100

D5 = ((C16-0.04)*(C17)*(0.04))*10^6/1000

C6 = 0.79*(1/(1-(C1/100)-(C2/100)))

C7 = C1/100*C6

C8 = C2/100*C6

C9 = (0.21-C7)/C8

D9 = C11/C10

C13 = (C3*C12*C5)/(C10*(0.21-C7))

C14 = (C4*C12*C5)/(C11*C8)

D13 = SQRT(C13/2)

D14 = SQRT(C14/2)

D15 = SQRT(C15/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C18 = C16*C17*2

C19 = 0.21-(C3*C5*C12)/(C18*C10)

C20 = (C4*C5*C12)/(C18*C11)

D19 = C19+C20+0.79

E19 = 0.21-(($C$3*$C$5)/(($C$22*414940000000)+($C$18*$C$10/$C$12)))

E20 = (C4*C5)/((C22*354610000000)+(C18*C11/C12))

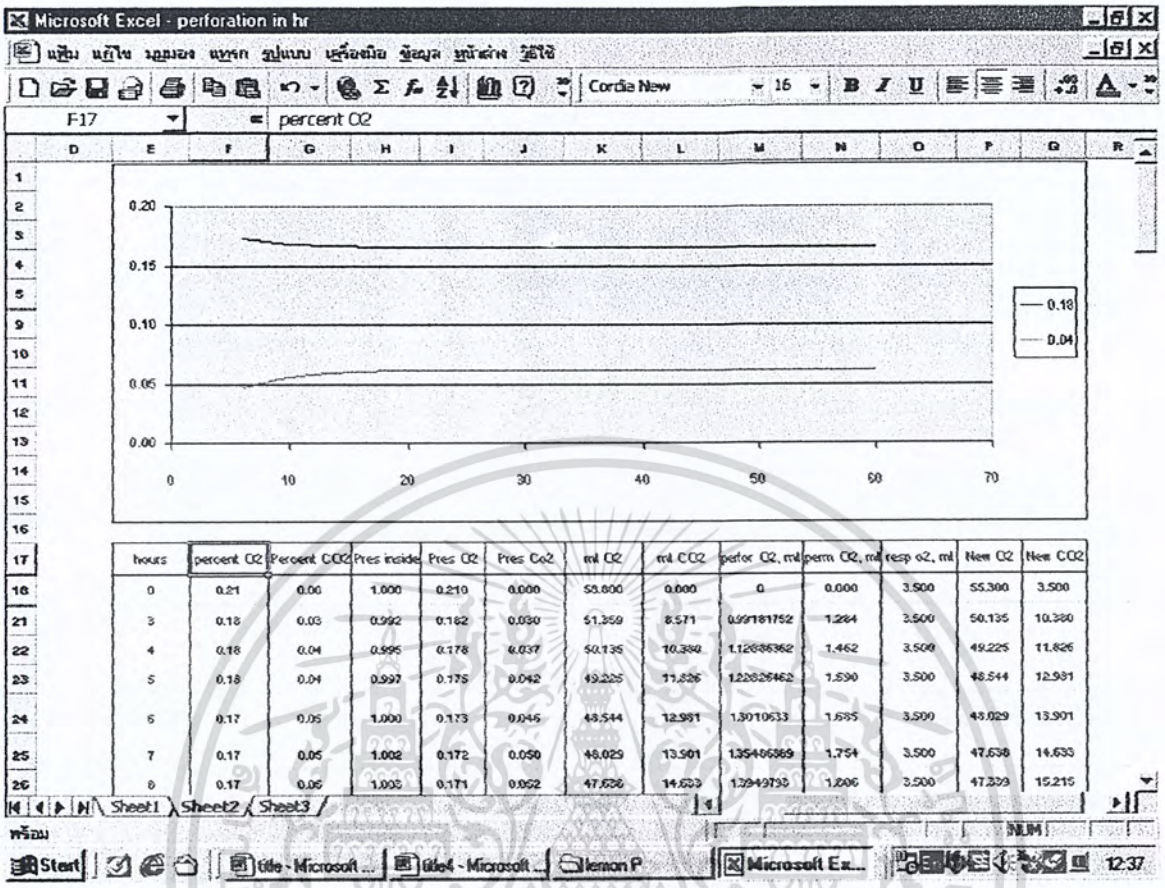
C21 = ((C16-0.04)*(C17)*(0.04))*10^6-(1000*C5)

5.1 โปรแกรมแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

5.1.1 หาค่า เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะคงตัว(steady state) จากข้อมูลที่ป้อนเข้าไป

1. ใส่ค่าน้ำหนักของมะนาวที่ต้องการเก็บ
2. คอมพิวเตอร์จะคำนวณ ค่า C6 ,C7 ,C8 และ C9 ให้เรา
3. เลือกค่าอัตราการซึมผ่าน จาก ชาร์ทที่ให้มาใส่ใน C10 ,C11,C12 โดยดูจาก D9 ให้ใกล้ เคียงกับค่า C9
4. คอมพิวเตอร์จะคำนวณพื้นที่ของถุงที่เหมาะสมให้ โดยเทียบแต่ละก๊าซ
5. เลือกขนาดพื้นที่ให้ใกล้เคียงกับค่าที่มากที่สุด รวมทั้ง ขนาดความกว้างกับความยาวด้วย
6. คอมพิวเตอร์จะคำนวณขนาดพื้นที่ที่เกิดจากความกว้างและความยาวที่เราเลือกรวมทั้งความดันของออกซิเจน,คาร์บอนไดออกไซด์และปริมาตรที่ว่างที่สภาวะคงตัว
7. เลือกขนาดรูที่จะเจาะถ้าต้องการ โดยคอมพิวเตอร์จะคำนวณ เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะคงตัว(steady state)หลังจากมีการจะรู สร้างกราฟจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงผลของปริมาณก๊าซในแต่ละชั่วโมง

5.1.2 หาค่า เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทุกสภาวะเพื่อสร้างกราฟ จากข้อมูลที่ป้อนเข้าไป

ช่องที่ 1 แสดงเวลาเป็นชั่วโมง

ช่องที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนเริ่มต้น โดยเริ่มจาก 0.21

ช่องที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้น โดยเริ่มจาก 0.00

ช่องที่ 4 แสดงความดันภายในรวมทั้งหมดในหน่วย บรรยากาศ

จากสูตร=(0.79)/(1-F24-G24)

ช่องที่ 5 แสดงความดันของออกซิเจนภายในถุงในหน่วย บรรยากาศ

จากสูตร=F24*H24

ช่องที่ 6 แสดงความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุงในหน่วย บรรยากาศ

จากสูตร=G24*H24

ช่องที่ 7 แสดงปริมาณของออกซิเจนในถุงในหน่วย มิลลิลิตร

จากสูตร=F24*ปริมาตรที่ว่างภายในถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องที่ 8 แสดงปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงในหน่วย มิลลิลิตร

จากสูตร=G24*ปริมาตรที่ว่างภายในถุง

ช่องที่ 9 แสดงปริมาณของออกซิเจนที่เข้ามาในถุงจากการซึมผ่านและรูที่เจาะในหน่วยมิลลิลิตร

จากสูตร=354610000000*พื้นที่ของรูที่เจาะ*(0.21-I24)

ช่องที่ 10 แสดงปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้ามาในถุงจากการซึมผ่านและรูที่เจาะในหน่วยมิลลิลิตร

จากสูตร=($C$10*$C$18/$C$12*(0.21-I24))

ช่องที่ 11 แสดงปริมาณออกซิเจนที่ถุงใช้ไปในการหายใจในหน่วยมิลลิลิตร

จากสูตร=($C$3*$C$5)

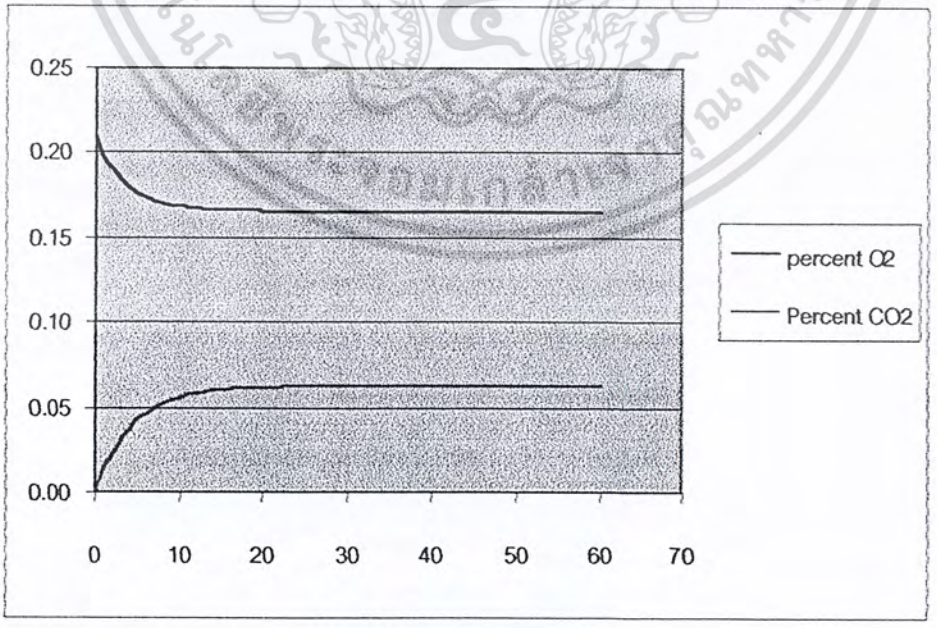
ช่องที่ 12 แสดงปริมาณออกซิเจนที่มีภายในถุงในหน่วยมิลลิลิตร

จากสูตร=K24+($C$10*$C$18/$C$12)*(0.21-I24)-($C$3*$C$5)+M24

ช่องที่ 13 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีภายในถุงในหน่วยมิลลิลิตร

จากสูตร=L24-($C$11*$C$18/$C$12)*(J24)+($C$4*$C$5)-(414940000000*$C$22*J24)

วิธีการคำนวณทำโดยเริ่มจากช่องที่ 1 จนถึงช่องที่ 13 แล้วนำค่าที่ได้ในช่องที่ 12 และช่องที่ 13 ไปใส่ในช่องที่ 1 และช่องที่ 2 ในบรรทัดต่อไป ทำซ้ำจนครบตามจำนวนชั่วโมงที่ต้องการ



รูปที่ 5.3 แสดงกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ณ ที่เวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลที่ได้จากโปรแกรม มีค่าดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเปอร์เซนต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่ได้จากการทดลองและโปรแกรม

อุณหภูมิ C	ฟิล์มที่ใช้	น้ำหนักมะนาว	ค่าที่ได้จากการทดลอง		ค่าที่ได้จาก โปรแกรม		%ผลต่างเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม	
		(kg)	$\%O_2$	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%CO_2$
10	PE หนา	0.2	7.2	5.3	20.45	2.15	64.7	146.51
10	PE หนา	0.4	4.9	10.2	19.93	4.25	75.41	140
10	PE หนา	0.6	3.2	14.7	19.42	6.25	83.52	135.2
10	PE บาง	0.2	15.4	2.1	19.52	5.86	21.01	64.81
10	PE บาง	0.4	7.9	4.2	18.1	11.5	56.35	63.47
10	PE บาง	0.6	17.3	4.2	17.01	15.83	1.7	73.46
10	PP	0.2	15	4.7	18.29	6.02	17.98	21.92
10	PP	0.4	12	4	15.81	11.56	24.09	65.39
10	PP	0.6	10	10	13.52	16.67	26.03	40.01
20	PE หนา	0.2	4.2	5.1	19.89	3.93	78.88	29.77
20	PE หนา	0.4	3.9	8.3	18.86	7.59	79.32	9.35
20	PE หนา	0.6	2.2	10.1	17.9	11.02	87.7	8.34
20	PE บาง	0.2	7.9	1.4	19.74	4.38	59.97	68.03
20	PE บาง	0.4	5.2	4.7	18.59	8.43	72.02	44.24
20	PE บาง	0.6	12.3	5.1	17.52	12.18	29.79	58.12
20	PP	0.2	14.9	4.7	16.15	10.8	7.73	56.48
20	PP	0.4	17.9	4.2	11.99	20.08	49.29	79.08
20	PP	0.6	7.5	4.3	8.38	28.15	10.5	84.72

จากการเปรียบค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากโปรแกรมพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกันค่อนข้างสูง สาเหตุสำคัญคาดว่าน่าจะมาจาก ค่าอัตราการซึมผ่านที่อาจจะไม่สามารถวัดได้ ถูกต้องแม่นยำ และอาจจะยังมีปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น การรั่วของถุง,น้ำนักผลมะนาวที่ไม่คงที่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 เมื่อทำการเปลี่ยนค่า permeabilityของฟิล์ม ตามสเปกที่ได้จากผู้ผลิตแล้วเอาไปแทนค่าได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเปอร์เซนต์คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่ได้จากการทดลองและโปรแกรมโดยใช้ข้อมูลจากผู้ผลิต

อุณหภูมิ C	ฟิล์มที่ใช้	น้ำหนักมะนาว	ค่าที่ได้จากการทดลอง		ค่าที่ได้จากโปรแกรม		%ผลต่างเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม	
		(kg)	$\%O_2$	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%CO_2$
20	PE หนา	0.2	4.2	5.1	20.92	0.03	79.82	16900
20	PE หนา	0.4	3.9	8.3	20.84	0.059	81.28	13967.8
20	PE หนา	0.6	2.2	10.1	20.76	0.089	89.4	11248.3
20	PE บาง	0.2	7	1.4	20.97	0.006	62.32	23233.3
20	PE บาง	0.4	5.2	4.7	20.94	0.013	75.16	36053.8
20	PE บาง	0.6	12.3	5.1	20.91	0.019	41.17	26472.1
20	PP	0.2	14.9	4.7	20.92	0.025	28.77	18700
20	PP	0.4	17.9	4.2	20.84	0.049	14.01	8471.43
20	PP	0.6	7.5	4.3	20.77	0.074	63.89	5710.81

เมื่อนำค่า Permeability จากผู้ผลิตมาใส่ลงในโปรแกรม พบว่าการคลาดเลื่อนของระดับก๊าซทั้ง2ชนิดก็ยังมีอยู่สูง เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณความแตกต่างของคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงมาก อันเป็นผลมาจากค่าPermeabilityของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่นำมาจากผู้ผลิตมีค่าต่ำกว่าที่หาได้อย่างมาก หากเอาค่าของผู้ผลิตเป็นบรรทัดฐาน อาจจะสรุปได้ว่า วิธีการวัดPermeabilityแบบนี้ได้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทำโครงงาน

6.1 สิ่งที่ทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนมีดังต่อไปนี้

1.วิธีการหาค่า permeability ยังไม่ได้มาตรฐานทำการคำนวณผิดพลาด

2. เครื่องมือวัดชำรุดเนื่องจากใช้งานมานาน

3. ผู้วัดเกิดความสะเพร่าในการทดลอง

4. สภาพดินฟ้าไม่เอื้ออำนวย

5. ขาดอุปกรณ์การทดลองที่เหมาะสม

6.2 วิธีการปรับปรุง

1.ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทดลอง

2.ศึกษาให้เข้าใจวิธีการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติ

3.ควรระมัดระวังสิ่งที่มีผลต่อการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงสเปกต่าง ๆ ของภาชนะบรรจุ

Number	weight (g)		Respiration of lime at different temperature
1	389.8		
2	399.6		remake
3	371.3		1,2,3,4 at ambient temp
4	369.7		5,6,7,8 at 20 C
5	391.2		9,10,11,12 at 10 C
6	380		1 and 2 are same flow rate
7	371.8		3 and 4 are " "
8	381.9		5 and 6
9	372.4		7,8
10	365.3		9,10
11	422.2		11,12
12	408.9		13 close bottle at ambient
13	371.2		14 close bottle at 20 C
14	397.2		15 close bottle at 10C
15	366.2		16 charge with C2 H4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ณ วันที่ 25 กรกฎาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	mlCO_2 per hr pr kg
1	389.8	0.40	0.69	50			0.54	14.07
2	399.6	0.89	0.85	50			0.87	21.77
3	371.3	0.79	0.83	50			0.81	22.52
4	369.7	0.65	0.63	50			0.64	17.92
13	371.2	10.15	10.09		11.4	11	10.12	
5	391.2	2.20	2.42	80			2.31	37.13
6	380	0.68	0.70	80			0.69	11.58
7	371.8	0.03	0.05	80			0.04	0.70
8	381.9	0.00		80			0.00	
14	397.2	0.73	0.69		19.4		0.71	
9	372.4	0.61	2.09	135			1.35	13.79
10	365.3	0.31	0.32	135			0.31	3.27
11	422.2	0.31	0.93	135			0.62	5.26
12	408.9	1.70	1.69	135			1.70	15.16
15	366.2	2.67	3.03	135	18.52		2.85	29.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ณ วันที่ 26 กรกฎาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	$mlCO_2$ per hr pr kg
1	389.8	0.55	0.62	60			0.59	12.62
2	399.6	0.69	0.70	60			0.70	14.48
3	371.3	0.59	0.46	60			0.53	12.22
4	369.7	0.61	0.60	60			0.61	14.12
13	371.2	21.86	20.53		3.05	3.26	21.19	
5	391.2	0.00	0.00	120			0.00	0.00
6	380	0.00	0.00	120			0.00	0.00
7	371.8	1.40	1.20	120			1.30	14.99
8	381.9	1.17	1.16	120			1.16	12.91
14	397.2	13.94	14.19		5.89	6.15	14.07	
9	372.4	1.47	1.63	135			1.55	15.86
10	365.3	0.37	0.35	135			0.36	3.75
11	422.2	1.48	1.50	135			1.49	12.64
12	408.9	1.26	1.15	135			1.20	10.75
15	366.2	6.33	4.29	135	16.01	###	5.31	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์
ณ วันที่ 27 กรกฎาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	$mlCO_2$ per hr pr kg
1	389.8	0.10	0.12	60			0.11	2.41
2	399.6	0.09	0.02	60			0.06	1.21
3	371.3	0.58	0.82	60			0.70	16.14
4	369.7	0.44	0.42	60			0.43	9.95
13	371.2	30.24	30.45		2.30	1.94	30.34	
5	391.2	0.40	0.45	60			0.42	9.09
6	380	0.40	0.38	60			0.39	8.68
7	371.8	0.36	0.35	60			0.36	8.24
8	381.9	0.00	0.00	60			0.00	0.00
14	397.2	21.86	21.63		2.05	2.17	21.75	
9	372.4	0.19	0.14	90			0.16	2.52
10	365.3	0.24	0.26	90			0.25	4.00
11	422.2	0.04	0.07	90			0.06	0.72
12	408.9	0.24	0.21	90			0.23	3.02
15	366.2	6.69	6.61	90	13.01	0	6.65	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์
ณ วันที่ 31 กรกฎาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	mlCO_2 per hr pr kg
1	389.8	0.50	0.75	60			0.63	13.48
2	399.6	0.25	0.34	60			0.30	6.14
3	371.3	0.74	0.74	60			0.74	17.08
4	369.7	1.10	0.96	60			1.03	23.91
13	371.2	49.47	0.00		rot	rot	24.74	
5	391.2	0.43	0.41	60			0.42	9.05
6	380	0.38	0.39	60			0.39	8.61
7	371.8	0.44	0.43	60			0.43	9.98
8	381.9	0.05	0.08	60			0.06	1.40
14	397.2	42.40	41.80		1.02	1.30	42.10	
9	372.4	0.00	0.00	70			0.00	0.00
10	365.3	0.00	0.00	70			0.00	0.00
11	422.2	0.00	0.00	70			0.00	0.00
12	408.9	0.00	0.00	70			0.00	0.00
15	366.2	0.00	0.00	70	16.01	1.90	0.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ณ วันที่ 2 สิงหาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	$mlCO_2$ per hr pr kg
1	389.8	0.71	0.70	60			0.71	15.25
2	399.6	1.01	0.91	60			0.96	19.90
3	371.3	0.48	0.49	60			0.49	11.25
4	369.7	0.73	0.53	60			0.63	14.75
13	371.2	49.47	0.00		rot	rot	24.74	
5	391.2	0.49	0.48	90			0.49	6.96
6	380	0.48	0.47	90			0.48	7.14
7	371.8	0.50	0.49	90			0.50	7.64
8	381.9	0.54	0.54	90			0.54	8.01
14	397.2	42.40	41.80		1.02	1.30	42.10	
9	372.4	0.30	0.29	90			0.29	4.52
10	365.3	0.31	0.32	90			0.31	4.96
11	422.2	0.34	0.36	90			0.35	4.48
12	408.9	0.36	0.35	90			0.35	4.73
15	366.2	0.00	0.00	90	16.01	1.90	0.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ณ วันที่ 4 สิงหาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	mlCO_2 per hr pr kg
1	389.8	0.79	0.79	60			0.79	17.02
2	399.6	0.83	0.83	60			0.83	17.17
3	371.3	0.66	0.65	60			0.65	15.12
4	369.7	0.65	0.60	60			0.63	14.61
13	371.2	49.47	0.00		rot	rot	24.74	
5	391.2	0.45	0.46	85			0.46	6.93
6	380	0.49	0.44	85			0.46	7.32
7	371.8	0.46	0.48	85			0.47	7.60
8	381.9	0.48	0.52	85			0.50	7.84
14	397.2	42.40	41.80		rot	rot	42.10	
9	372.4	0.30	0.29	85			0.30	4.80
10	365.3	0.31	0.30	85			0.30	5.05
11	422.2	0.13	0.15	85			0.14	1.93
12	408.9	0.08	0.09	85			0.08	1.17
15	366.2	0.00	0.00	85			0.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ณ วันที่ 7 สิงหาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	mlCO_2 per hr pr kg
1	389.8	0.60	0.73	60			0.67	14.36
2	399.6	0.65	0.60	60			0.63	13.05
3	371.3	0.75	0.76	60			0.75	17.37
4	369.7	0.74	0.72	60			0.73	16.99
13	371.2	0.00	0.00		rot	rot	0.00	
5	391.2	0.52	0.54	90			0.53	7.57
6	380	0.46	0.45	90			0.46	6.79
7	371.8	0.34	0.33	90			0.33	5.15
8	381.9	0.15	0.13	90			0.14	2.07
14	397.2	42.40			rot	rot	42.40	
9	372.4	0.21	0.25	90			0.23	3.54
10	365.3	0.32	0.33	90			0.32	5.12
11	422.2	0.22	0.33	90			0.27	3.48
12	408.9	0.13	0.16	90			0.14	1.91
15	366.2	25.03	25.60	90	3.09	2.00	25.32	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่า ปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์
ณ วันที่ 9 สิงหาคม 2543

Number	weight(g)	CO_2	CO_2	time(min)	O_2	O_2	Average CO_2	$mlCO_2$ per hr pr kg
1	389.8	0.39	0.37	60			0.38	8.14
2	399.6	0.48	0.48	60			0.48	9.97
3	371.3	0.33	0.32	60			0.32	7.48
4	369.7	0.37	0.37	60			0.37	8.66
13	371.2	0.00	0.00		rot	rot	0.00	
5	391.2	0.45	0.44	90			0.44	6.31
6	380	0.44	0.44	90			0.44	6.58
7	371.8	0.53	0.53	90			0.53	8.16
8	381.9	0.41	0.43	90			0.42	6.17
14	397.2	42.40			rot	rot	42.40	
9	372.4	0.29	0.30	120			0.29	3.37
10	365.3	0.28	0.28	120			0.28	3.36
11	422.2	0.33	0.34	120			0.33	3.20
12	408.9	0.36	0.36	120			0.36	3.65
15	366.2	27.11	27.12	0	3.09	2.00	27.11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณก๊าซที่เหลือจากการหายใจของมะนาว 30 วัน ที่ 10 C

Item	time											
	5		9		13		20		23		29	
	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2
PEหนา 5	13.18	2.63	11.42	3.24	10.74	4.09	8.47	4.40	8.16	4.93	6.33	5.30
10	11.40	3.77	8.90	5.07	5.95	7.76	3.81	10.52	3.65	10.43	4.63	9.96
15	7.19	5.70	3.43	8.74	2.26	13.78	2.61	13.03	2.66	10.74	4.56	6.95
PEบาง 5	14.86	1.22	15.24	1.20	15.35	1.60	15.90	1.78	15.86	1.72	16.04	1.43
10	14.31	1.95	13.96	2.23	13.08	2.85	12.21	3.12	12.03	3.19	11.25	3.15
15	14.84	2.84	16.77	2.47	17.23	3.25	17.02	3.40	16.78	3.54	15.97	3.51
PP 5	14.41	2.14	14.22	2.34	14.24	3.09	15.33	3.38	15.11	3.52	15.59	3.26
10	7.90	5.05	7.66	5.82	7.60	7.88	5.55	10.70	5.19	10.56	6.12	10.03
15	11.30	4.90	8.49	6.85	11.36	8.93	10.14	10.10	8.56	11.90	10.30	10.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณก๊าซที่เหลือจากการหายใจของมะนาว 30 วัน ที่ 15 C

Item	time											
	5		9		13		20		30		29	
	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2
PEหนา 5	11.74	3.17	9.24	4.06	8.47	4.35	7.48	4.60	6.09	4.96	7.09	4.84
10	7.77	5.24	6.42	5.66	5.74	8.56	3.69	9.99	3.28	9.79	8.68	7.16
15	5.91	6.83	3.32	6.78	2.35	13.39	2.93	12.32	2.19	11.50	3.88	7.50
PEบาง 5	14.22	1.33	14.08	1.43	15.30	2.14	14.35	2.05	15.90	2.34	16.76	2.09
10	11.94	2.16	13.33	2.30	11.42	3.24	11.73	3.83	9.37	4.20	9.79	2.42
15	8.99	3.29	9.05	3.16	8.37	4.21	6.72	4.70	6.60	5.16	12.02	4.53
PE 5	16.23	1.88	16.71	2.03	16.50	2.89	16.04	4.74	16.63	3.04	18.62	1.92
10	15.73	2.89	14.74	3.69	16.78	3.98	15.20	3.14	16.92	3.90	5.24	7.80
15	10.74	5.34	10.79	5.65	9.46	8.05	6.26	5.41	5.71	10.69	3.25	11.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณก๊าซที่เหลือจากการหายใจของมะนาว 30 วัน ที่ 15 C

Item												
	5		9		13		20		30		29	
	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2
PEหนา 5	9.58	7.30	8.50	3.30	7.40	4.73	5.07	5.24	3.60	5.09	13.41	4.06
10	_	6.19	5.26	5.48	3.05	8.05	3.37	8.50	2.78	9.71	2.93	8.54
15	5.34	7.30	4.01	6.88	2.50	10.26	2.23	10.38	2.22	10.62	2.62	10.64
PEบาง 5	15.75	1.36	16.04	1.37	16.31	1.88	15.39	2.23	16.84	1.84	20.48	0.31
10	15.02	2.39	20.81	2.47	13.51	4.23	13.82	3.72	14.58	3.46	8.56	3.90
15	14.35	2.86	13.80	3.11	13.54	4.44	11.56	4.94	10.38	5.12	10.43	5.80
PP 5	18.30	2.41	15.24	2.64	13.90	3.72	13.90	3.69	16.47	3.11	15.86	2.80
10	18.21	2.17	17.35	2.69	16.86	3.98	18.15	3.06	17.38	3.80	6.90	6.61
15	18.20	2.17	19.09	1.69	17.63	3.40	15.89	5.37	15.20	5.99	15.63	5.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงอัตราความเข้มสีเหลืองต่อสีเขียว(b/a) ที่ 10 C

Item	Time					
	week1	week2	week4	week5	week6	week7
PEหนา 5			1.68	1.79	1.99	1.94
10			1.88	-	-	-
15			_	-	-	-
PEบาง 5			2.63	2.67	2.80	4.24
10		2.65	1.9	2.74	2.39	2.54
15			2.01	2.03	1.68	-
PP 5			2.8	2.51	2.84	5.56
10			2.04	2.48	3.53	7.07
15			1.8	2.13	2.96	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงอัตราความเข้มสีเหลืองต่อสีเขียว(b/a) ที่ 15 C

Item	Time					
	week1	week2	week4	week5	week6	week7
PEหนา 5			2.43	2.08	2.12	2.48
10			2.16	1.79	1.66	-
15			-	-	-	-
PEบาง 5			3.01	4.75	3.76	7.16
10		2.95	2.41	3.00	3.11	2.91
15			2.09	2.01	1.94	2.19
PP 5			3.11	2.70	3.85	-
10			2.1	3.92	3.00	3.67
15			1.84	1.73	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงอัตราความเข้มสีเหลืองต่อสีเขียว(b/a) ที่ 20 C

item	Time					
	week1	week2	week4	week5	week6	week7
PEหนา 5			2.45	2.99	2.47	3.21
10			1.71	1.95	1.83	-
15			-			-
PEบาง 5			2.69	7.13	5.65	8.65
10			2.64	3.95	3.72	7.66
15		4.93	1.91	1.85	2.05	3.30
PP 5			5.79	4.75	6.97	4.22
10			2.64	3.61	3.28	-
15			2.05	1.90	2.01	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

T.Hirata, Y.Makino,Y.Ishikawa, S.Katsuura, Y.Hasegawa ,1988. A Theoretical Model For Designing Modified Atmosphere Packaging With A Perforation

P. Chowdary Talasila and Arthur C. Cameron , 1997 . Prediction Equations for Gases Flexible Modified-Atmosphere Packages of Respiring Produce are Different Than Those for Rigid Packages

F. Sode & B.F. Kuhn 1998 . Respiration in MA-pack , Cut Carrots

P.C. Talasila, K.V. Chau, and J.K. Brecht , 1995 . Desing of Rigid Modified Atmosphere Packages for Fresh Fruits and Vegetables

Roberson, G.L. , 1993 . Food Packaging . Marcel Dekker,Newyork.

Henig, Y.S. and S.G. Gilbert. 1975 . Computer analysis of variables affecting respiration and quality of produce packaged in polymeric film. J. Food Sci .

Salame, M. 1986. Prediction of gas barrier properties of high polymers. Polymer Engineering and Science

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดี ก็ขอขอบคุณ อาจารย์ ภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์เกรียงศักดิ สุวรรณโพธิ์ที่เอื้อเฟื้อความคิดและให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ มาตลอด รวมทั้งอาจารย์ท่านอื่น ๆ ที่ได้สั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และที่ขาดเสียมิได้ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ผู้ให้การสนับสนุน อุปกรณ์พร้อมเครื่องมือในการทดลอง รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สุดท้ายนี้ก็ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้วิชาความรู้ และสิ่งอื่น ๆ ที่มีคุณค่าอีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้