

การเก็บรักษามะนาวในภาชนะบรรจุประเภทฟิล์มพลาสติกในบรรยากาศดัดแปลง

นางสาว สุวรรณ หล่อวิวัฒนพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

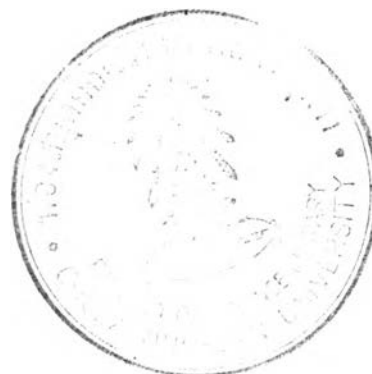
พ.ศ. 2531

ISBN 974-568-778-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODIFIED ATMOSPHERE STORAGE OF LIMES IN SELECTED PLASTIC FILMS

Miss Suwan Lawvivanapong



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-568-778-2



สุวรรณ หล่อวิวัฒนพงศ์ : การเก็บรักษามะนาวในภาชนะบรรจุประเภทฟิล์มพลาสติกใน  
บรรยากาศดัดแปลง (MODIFIED ATMOSPHERE STORAGE OF LIMES IN SELECTED  
PLASTIC FILMS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชัยยุทธ ัญพิทยากุล, 190 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการเก็บรักษามะนาวสดในภาชนะบรรจุประเภทฟิล์มพลาสติก ที่อุณหภูมิ  
 $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ซึ่งบรรยากาศดัดแปลงจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และจะช่วยยืดอายุ  
การเก็บรักษามะนาวสดได้นานขึ้น โดยการทดลองขั้นแรกได้วัดอัตราการหายใจของมะนาวที่  $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$   
และได้ศึกษาสมบัติในด้านการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซของฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ 5 ชนิด ได้แก่  
Cellophane/LDPE, OPP/LDPE, PP, LDPE และ HDPE จากนั้นนำฟิล์มพลาสติกดังกล่าวมาใช้บรรจุ  
มะนาวที่ผ่านการฆ่าเชื้อรามาแล้ว โดยปิดผนึกให้สนิทภายใต้บรรยากาศปกติ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่  
อุณหภูมิดังกล่าว พบว่าบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ มีดังนี้คือ ฟิล์ม  
Cellophane/LDPE จะให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนประมาณ 0-4% การบอนด์ออกไซด์ 7-8%  
ฟิล์ม PP และ OPP/LDPE จะให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน 0-4% การบอนด์ออกไซด์ 14-16%  
ส่วนฟิล์ม LDPE และ HDPE จะให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน 14-19% การบอนด์ออกไซด์ 2-6%  
ฟิล์ม PP, OPP/LDPE และ Cellophane/LDPE จะทำให้มะนาวที่เก็บรักษาไว้ 4 สัปดาห์ มีลักษณะสีผิว  
เป็นสีน้ำตาล คุณภาพทางเคมีต่ำลงมากและกลิ่นรสผิดปกติไป ส่วนมะนาวที่เก็บในฟิล์ม HDPE และ LDPE  
ไว้ 14 สัปดาห์ ยังคงลักษณะสดเต่งรวมทั้งสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกัน จากนั้นได้เลือกฟิล์ม HDPE มา  
เก็บรักษามะนาวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 4 และ 5 เดือน โดยได้ศึกษาผลของการมีสารดูดก๊าซเอทิลีนใน  
ภาชนะบรรจุด้วย พบว่าการเก็บรักษามะนาวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน จะให้ผลดีมาก สามารถเก็บ  
รักษามะนาวไว้ได้ 4 เดือน โดยมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียน้อยมาก คือ 0-1.25% และมะนาวยังคง  
สดเต่ง เพียงแต่สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง คุณภาพทางเคมีเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนกลิ่นรสก็ใกล้เคียงกับ  
ของสดมาก การประเมินผลด้วยการนำไปประกอบเป็นอาหารได้รับการยอมรับ 100% สำหรับผลของ  
สารดูดก๊าซเอทิลีนสามารถลดการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้ดีกว่าการไม่ใช้สารดูดก๊าซเอทิลีน และ  
สามารถลดการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน ได้ดีกว่ามะนาวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว  
5 เดือน โดยที่มะนาวที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน ยังคงมีสีเขียวปนอยู่ แม้เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน  
ถึง 4 เดือน

ภาควิชา ..... เทคโนโลยีทางอาหาร  
สาขาวิชา ..... เทคโนโลยีการอาหาร  
ปีการศึกษา ..... 2530 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

SUWAN LAWVIVATANAPONG : MODIFIED ATMOSPHERE STORAGE OF LIMES IN  
SELECTED PLASTIC FILMS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. CHAIYUTE  
THUNPITHAYAKUL, Ph.D., 190 PP.

Modified atmosphere storage to extend the shelf life of limes in plastic films at  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$  and 85-90% RH was studied. At first the respiration rate of lime at  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$  and the permeability to gases and vapour of the five selected films ie. Cellophane/LDPE, OPP/LDPE, PP, LDPE and HDPE were determined. Fungicide treated limes were then sealed under atmospheric condition in these packaging films and kept at  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$  and 85-90% RH. The resulting modified atmospheres in the selected films were : 0-4%  $\text{O}_2$  and 7-8%  $\text{CO}_2$  for Cellophane/LDPE, 0-4%  $\text{O}_2$  and 14-16%  $\text{CO}_2$  for PP and OPP/LDPE and 14-19%  $\text{O}_2$  and 2-6%  $\text{CO}_2$  for LDPE and HDPE. PP, OPP/LDPE and Cellophane/LDPE films gave anaerobic condition and caused the limes to develop brown color skin, off flavor and low chemical qualities in 4 weeks. On the other hand, limes packaged in HDPE and LDPE still retained the same original chemical properties after 14 weeks storage; they were still fresh and turgid but with yellow skin color. Next, HDPE was selected for storage of limes to study the effects of maturity and ethylene absorbent on the fruit quality in the packages. The 4-month harvested limes gave better quality than 5-month harvested samples after storage for 4 months with only 0-1.25 percent spoilage. The limes were still fresh but with yellow skin. There were little chemical quality changes, and the flavor was as good as the fresh limes. Organoleptic test results from cooking trial showed 100% acceptance. The ethylene absorbent had an effect on retardation of skin color change; it could retain the color of 4-month harvested limes better than the 5-month harvested limes and the 4-month harvested limes still retained some green color after 4 months in storage.

ภาควิชา ..... เทคโนโลยีทางอาหาร .....  
สาขาวิชา ..... เทคโนโลยีการอาหาร .....  
ปีการศึกษา ..... 2530 .....

ลายมือชื่อนิสิต ..... *สุวัน ลววิวัตนาพงษ์* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *ช. ๗* .....

### กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธีรพิทยากุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. จริ่งแท้ ศิริพาณิชย์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำเพิ่มเติม

ขอขอบพระคุณ ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือในการหาสมบัติของฟิล์มพลาสติก

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้แผ่นเทียบสี RHS

ขอขอบพระคุณบริษัท ไทยออปเทค จำกัด ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัลย์ศิริพาณิชย์ และ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็มวีเอส เทรคคิง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แผ่นฟิล์มที่ใช้ในการบรรจุมะนาว

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. วรรณฯ ศุภชัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้ Hand refractometer ตลอดจนงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย

ขอกราบแทบเท้า คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้ทุกสิ่งในความเป็นวันนี้ของข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณกัลยาณมิตร ณ วัดพระธรรมกาย และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ และหลานทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งร่างกาย แรงใจ เสมอมา

สุดท้าย ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความสนใจในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุวรรณ หล่อวิวัฒน์พงศ์

เมษายน 2531

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ณ
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ .....	1
2. วารสารปริทัศน์ .....	4
3. การทดลอง .....	24
4. ผลการทดลอง .....	36
5. วิจัยรณัผลการทดลอง .....	138
6. สรุปลผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....	155
เอกสารอ้างอิง .....	158
ภาคผนวก ก .....	164
ภาคผนวก ข .....	171
ภาคผนวก ค .....	176
ภาคผนวก ง .....	185
ประวัติผู้เขียน .....	190

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รายละเอียดของยาฆ่าเชื้อราชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา	12
2.2	รายงานการใช้ประโยชน์จากการเก็บรักษาโดยการควบคุมบรรยากาศในมะนาวและผักผลไม้ชนิดอื่น ๆ ในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาในประเทศสหรัฐอเมริกา .....	15
2.3	อัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซของฟิล์มพลาสติก .....	18
2.4	อัตราการหายใจของผักผลไม้ต่าง ๆ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน .....	19
4.1	อัตราการใช้ออกซิเจนและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง .....	39
4.2	อัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ....	39
4.3	อัตราการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซของฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ .....	40
4.4	รายละเอียดเกี่ยวกับการบรรจุมะนาวและภาชนะบรรจุ .....	41
4.5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .....	44
4.6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด .....	44
4.7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจนในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ .....	45
4.8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .....	47
4.9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด .....	49



ตารางที่		หน้า
4.10	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การบ่อนไตออกไซค์ในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ .....	48
4.11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยของสีผิวของมะนาวเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .....	57
4.12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยของสีผิวของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด .....	58
4.13	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนสีผิวของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ .....	58
4.14	เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	59
4.15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .....	60
4.16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด .....	60
4.17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .....	64
4.18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด .....	64
4.19	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ .....	65

ตารางที่		หน้า
4.20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณเอทานอลในมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .	67
4.21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณเอทานอลในมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด	67
4.22	การเปรียบเทียบปริมาณเอทานอลของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ	68
4.23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณกรดซิตริกของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .	70
4.24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณกรดซิตริกของมะนาว เมื่อตัวแปรคืออายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด	70
4.25	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดซิตริกของมะนาวในฟิล์มพลาสติก ชนิดต่าง ๆ . . . . .	71
4.26	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของ pH ของมะนาว เมื่อตัวแปร คือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด . . . . .	73
4.27	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของ pH ของมะนาว เมื่อตัวแปร คืออายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด . . . . .	73
4.28	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ pH ของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ	74
4.29	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณวิตามินซีของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกทั้ง 5 ชนิด .	76
4.30	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณวิตามินซีของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกเพียง 2 ชนิด	76
4.31	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีของมะนาวในฟิล์มพลาสติก ชนิดต่างๆ . . . . .	77
4.32	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติก ทั้ง 5 ชนิด . . . . .	79
4.33	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มเพียง 2 ชนิด . . . . .	79

ตารางที่		หน้า
4.34	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนกลิ่นของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ ชนิดของฟิล์มพลาสติก (ซ้ำที่ 1) .....	84
4.35	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนกลิ่นของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ ชนิดของฟิล์มพลาสติก (ซ้ำที่ 2) .....	84
4.36	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนรสของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ ชนิดของฟิล์มพลาสติก (ซ้ำที่ 1) .....	85
4.37	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนรสของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ ชนิดของฟิล์มพลาสติก (ซ้ำที่ 2) .....	85
4.38	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนความชอบของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ ชนิดของฟิล์มพลาสติก (ซ้ำที่ 1) .....	86
4.39	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนความชอบของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ ชนิดของฟิล์มพลาสติก (ซ้ำที่ 2) .....	86
4.40	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นรสความชอบของน้ำมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน .....	87
4.41	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนกลิ่นของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติก .....	87
4.42	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนรสของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติก .....	88
4.43	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนความชอบของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา และชนิดของฟิล์มพลาสติก .....	88
4.44	จำนวนคนเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ให้คะแนนความชอบต่อน้ำมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ มากกว่าหรือเท่ากับ 3 คะแนน ที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน	89
4.45	เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นและสีผิวจากแผ่นเทียบสี RHS ของมะนาวที่อายุการเก็บเกี่ยว 4 และ 5 เดือน .....	90
4.46	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กาซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดกาซเอทิลีน .....	93

ตารางที่		หน้า
4.47	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	94
4.48	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ก๊าซออกซิเจน ภายในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	95
4.49	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	95
4.50	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยของสีผิวของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	105
4.51	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนสีผิวของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	106
4.52	เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของมะนาวภายในฟิล์ม HDPE เมื่อบรรจุมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	107
4.53	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ การเน่าเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	108
4.54	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	109
4.55	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	111
4.56	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของมะนาวในภาชนะบรรจุ เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารดูดก๊าซเอทิลีน .....	112

ตารางที่	หน้า
4.57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณเอทานอลในมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาช- เอทิลีน .....	114
4.58 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณเอทานอลในมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาชเอทิลีน .....	115
4.59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณกรดซิตริกของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษา และสารคูกากาช- เอทิลีน .....	117
4.60 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดซิตริกของมะนาวเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาชเอทิลีน .....	118
4.61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของ pH ของมะนาว เมื่อตัวแปร คือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาชเอทิลีน ..	120
4.62 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ pH ของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการ เก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาชเอทิลีน .....	121
4.63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณวิตามินซีของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาช เอทิลีน .....	123
4.64 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาชเอทิลีน .....	124
4.65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ของมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และ สารคูกากาชเอทิลีน .....	126
4.66 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของมะนาว เมื่อ ตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูกากาชเอทิลีน	127
4.67 คะแนนความเปรี้ยว กลิ่นรส และความชอบของน้ำมะนาวสุกต่าง ๆ โดยผู้ทดสอบชิมที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	128

ตารางที่	หน้า
4.68	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนความเปรี้ยวของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูดกาชเอทิลีน ..... 129
4.69	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนกลิ่นรสของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูดกาช-เอทิลีน ..... 130
4.70	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคะแนนความชอบของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคืออายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูดกาช-เอทิลีน ..... 131
4.71	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความเปรี้ยวของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูดกาชเอทิลีน 132
4.72	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนกลิ่นรสของน้ำมะนาว เมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูดกาชเอทิลีน ..... 132
4.73	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของน้ำมะนาวเมื่อตัวแปรคือ อายุการเก็บรักษา อายุการเก็บเกี่ยว และสารคูดกาชเอทิลีน .. 133
4.74	เปอร์เซ็นต์การกระจายของผู้ทดสอบชิมในช่วงคะแนนต่าง ๆ และเปอร์เซ็นต์การยอมรับของมะนาวชุด $M(O)$ ที่อายุการเก็บต่าง ๆ กัน ..... 134
4.75	เปอร์เซ็นต์การกระจายของผู้ทดสอบชิมในช่วงคะแนนต่าง ๆ และเปอร์เซ็นต์การยอมรับของมะนาวชุด $M(K)$ ที่อายุการเก็บต่าง ๆ กัน ..... 135
4.76	เปอร์เซ็นต์การกระจายของผู้ทดสอบชิมในช่วงคะแนนต่าง ๆ และเปอร์เซ็นต์การยอมรับของมะนาวชุด $G(O)$ ที่อายุการเก็บต่าง ๆ กัน ..... 136
4.77	เปอร์เซ็นต์การกระจายของผู้ทดสอบชิมในช่วงคะแนนต่าง ๆ และเปอร์เซ็นต์การยอมรับของมะนาวชุด $G(K)$ ที่อายุการเก็บต่าง ๆ กัน ..... 137
ก-1	รายละเอียดของการคำนวณหาอัตราการหายใจ ..... 165
ก-2	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทานอลกับอัตราส่วนของ Peak area ของ n Propanal กับ Ethanol ..... 168

ตารางที่		หน้า
ง-1	ระดับสีผิวของมะนาว เมื่อเปรียบเทียบกับสีผิวจากแผ่นเทียบสี RHS (The Royal Horticultural Society London) .....	185
ง-2	จำนวนผลมะนาวเป็นเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในระดับสีต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน .....	186
ง-3	จำนวนผลมะนาวเป็นเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในระดับสีต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือน .....	187
ง-4	จำนวนผลมะนาวเป็นเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในระดับสีต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน .....	188
ง-5	จำนวนผลมะนาวเป็นเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในระดับสีต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน .....	189

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ราคาขายส่งมะนาวสวน บาท/100 ผล .....	2
2.1	ลักษณะโครงสร้างของผลมะนาวผ่าซีกตามขวาง .....	5
2.2	แผนผังแสดงการหายใจของมะนาวโดยสังเขป ทั้งแบบใช้และไม่ใช้ ออกซิเจน .....	8
2.3	การเจริญเติบโตและลักษณะการหายใจของผลไม้ประเภท Climacteric และ Non-Climacteric .....	8
2.4	ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในถุงโพลีเอทิลีน ที่ปิดสนิทที่บรรจุถั่วเขียว .....	20
3.1	ขบวนการที่บรรจุมะนาวซึ่งใช้หาความเข้มข้นของกาซออกซิเจนและ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงไป .....	26
3.2	Gas Chromatography ของ Shimadzu รุ่น 7AG .....	27
3.3	Analytical Gas Permeability Tester ของ Lyssy รุ่น GPM- 200 .....	27
3.4	มะนาวที่บรรจุในภาชนะบรรจุซึ่งมุมของภาชนะบรรจุมีท่อต่อติดอยู่ .....	29
3.5	Orzat Gas Analyzer และลักษณะการต่อท่อเพื่อวัดความเข้มข้นของ กาซภายในภาชนะบรรจุ .....	30
3.6	Double Beam Spectrophotometer ของ Shimadzu รุ่น UV 240 (P/N 204-5800) .....	32
3.7	แผ่นเทียบสี RHS (The Royal Horticultural Society London)	35
4.1	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ ภายในขวดวัดอัตราการหายใจขวดที่ 1 .....	37
4.2	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนและเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ ภายในขวดวัดอัตราการหายใจขวดที่ 2 .....	38



รูปที่		หน้า
4.3	ความเข้มข้นของกาซออกซิเจนภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	43
4.4	ความเข้มข้นของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	46
4.5	ลักษณะสีผิวเป็นสีน้ำตาลของมะนาวที่เก็บในฟิล์ม PP, OPP และ Cellophane เมื่อเก็บรักษาได้ 4 สัปดาห์ .....	50
4.6	ลักษณะภายในของมะนาวที่มีสีผิวสีน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับมะนาวสดทางด้านซ้ายมือ .....	50
4.7	ลักษณะปรากฏของมะนาว ที่เก็บใน LDPE ได้ 10 สัปดาห์ .....	51
4.8	ลักษณะภายในของมะนาว ที่เก็บใน LDPE ได้ 10 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับมะนาวสด .....	51
4.9	ลักษณะปรากฏของมะนาว ที่เก็บใน HDPE ได้ 10 สัปดาห์ .....	52
4.10	ลักษณะภายในของมะนาว ที่เก็บใน HDPE ได้ 10 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับมะนาวสด .....	52
4.11	ลักษณะปรากฏของมะนาวที่เก็บใน LDPE ได้ 12 สัปดาห์ .....	53
4.12	ลักษณะปรากฏของมะนาวที่เก็บใน HDPE ได้ 12 สัปดาห์ .....	53
4.13	ลักษณะปรากฏของมะนาวที่เก็บใน LDPE ได้ 14 สัปดาห์ .....	54
4.14	ลักษณะภายในของมะนาวที่เก็บใน LDPE ได้ 14 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับมะนาวสด .....	54
4.15	ลักษณะปรากฏของมะนาวที่เก็บใน HDPE ได้ 14 สัปดาห์ .....	55
4.16	ลักษณะภายในของมะนาวที่เก็บใน HDPE ได้ 14 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับมะนาวสด .....	55
4.17	คะแนนเฉลี่ยของสีผิวของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	56
4.18	ลักษณะการเน่าเสียของมะนาวจากเชื้อรา ซึ่งเป็นราที่มีสปอร์สีดำ .....	61
4.19	ลักษณะการเน่าเสียของมะนาวจากเชื้อรา (1) .....	61
4.20	ลักษณะการเน่าเสียของมะนาวจากเชื้อรา (2) .....	62

รูปที่		หน้า
4.21	ลักษณะการเริ่มต้นเน่าเสียจากเชื้อราที่บริเวณผิวของมะนาว .....	62
4.22	น้ำหนักที่สูญเสียนองมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	63
4.23	ปริมาณเอทานอลของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	66
4.24	ปริมาณกรดซิตริกของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	69
4.25	pH ของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	72
4.26	ปริมาณวิตามินซีของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	75
4.27	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	78
4.28	คะแนนของกลิ่นของน้ำมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	81
4.29	คะแนนของรสของน้ำมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	82
4.30	คะแนนความชอบของน้ำมะนาวในฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	83
4.31	ความเข้มข้นของกาซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟิล์ม HDPE เมื่อบรรจุมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	92
4.32	สีผิวและลักษณะปรากฏของมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 1 เดือน	97
4.33	สีผิวและลักษณะปรากฏของมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือน	97
4.34	สีผิวและลักษณะปรากฏของมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน	98
4.35	สีผิวและลักษณะปรากฏของมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน	98
4.36	ลักษณะภายในของมะนาวชุด M(O) ที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน เทียบกับมะนาวสด .....	99

รูปที่		หน้า
4.37	ลักษณะภายในของมะนาวชุด M(K) ที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน เทียบกับมะนาวสด .....	99
4.38	ลักษณะภายในของมะนาวชุด G(O) ที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน เทียบกับมะนาวสด .....	100
4.39	ลักษณะภายในของมะนาวชุด G(K) ที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน เทียบกับมะนาวสด .....	100
4.40	ลักษณะปรากฏของมะนาวชุด M(O) ที่อายุการเก็บรักษา 5 เดือน แสดงให้เห็นเปลือกซึ่งยังคงเต่งและสด .....	101
4.41	ลักษณะปรากฏของมะนาวชุด M(K) ที่อายุการเก็บรักษา 5 เดือน แสดงให้เห็นเปลือกซึ่งยังคงเต่งและสด .....	101
4.42	ลักษณะปรากฏของมะนาวชุด G(O) ที่อายุการเก็บรักษา 5 เดือน แสดงให้เห็นเปลือกซึ่งยังคงเต่งและสด .....	102
4.43	ลักษณะปรากฏของมะนาวชุด G(K) ที่อายุการเก็บรักษา 5 เดือน แสดงให้เห็นเปลือกซึ่งยังคงเต่งและสด .....	102
4.44	ลักษณะภายในของมะนาวชุดต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 5 เดือน เปรียบเทียบกับมะนาวสด .....	103
4.45	คะแนนเฉลี่ยของสีผิวของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	104
4.46	น้ำหนักที่สูญเสียของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	110
4.47	ปริมาณเอทานอลของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	113
4.48	ปริมาณกรดซิตริกของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	116
4.49	pH ของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	119
4.50	ปริมาณวิตามินซีของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	122

รูปท	หน้า
4.51 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของมะนาวชุดต่าง ๆ ภายในฟิล์ม HDPE ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน .....	125
ก-1 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเข้มข้น 2000 ppm ซึ่งมี n Propanol เป็น Internal standard .....	167
ก-2 ตัวอย่าง Chromatogram ที่ใช้หาปริมาณเอทานอลของน้ำมะนาว ...	167
ก-3 กราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอลมาตรฐาน .....	169