การพัฒนาสารเคลือบเซลแล็กเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้และมังคุด

นางสาวผ่องเพ็ญ อรรคสีวร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 947-17-4723-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF SHELLAC COATING FOR EXTENDING SHELF-LIFE OF MANGO (CV. NAMDOKMAI) AND MANGOSTEEN

Miss Pongpen Accaseavorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-4723-3

481539

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสารเคลือบเซลแล็กเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้และมังคุด
โดย	นางสาวผ่องเพ็ญ อรรคสีวร
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.โศรดา กนกพานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. อภิตา บุญศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ดำรงค์ศักดิ์กุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.โศรดา กนกพานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร.อภิตา บุญศิริ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรุ้ง ปรีชานนท์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์)

ผ่องเพ็ญ อรรคสีวร : การพัฒนาสารเคลือบเชลแล็กเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้และมังคุด (DEVELOPMENT OF SHELLAC COATING FOR EXTENDING SHELF-LIFE OF MANGO (CV. NAMDOKMAI) AND MANGOSTEEN) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร. โศรดา กนกพานนท์ 215 หน้า ISBN 974-17-423-3

การพัฒนาสารเคลือบที่มีองค์ประกอบหลักคือเชลแล็ก เพื่อเคลือบผิวผลไม้เขตร้อนสองชนิดคือ มะม่วงน้ำดอกไม้และมังคุด โดยมีสูตรพื้นฐานคือสูตร Lab-a ประกอบด้วยสารประกอบหลักคือเชลแล็กและกรดโอเลอิก 15 และ 1 เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ และพัฒนาเป็นสูตร Lab-b ซึ่งองค์ประกอบเหมือนสูตร Lab-a แต่มีการเติมพอลิเอทิลีนไกคอลและซิลิโคนออย 10 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบที่เตรียมขึ้นกับสารเคลือบทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศคือ Teva โดยการนำไปพ่นเคลือบมังคุดในอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม ทำการทดสอบที่สองสภาวะคือที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5^{0}C) และอุณหภูมิ 13 ± 1 ^{0}C พบว่ามังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 1 ^{0}C สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางคุณภาพของมังคุดระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้เคลือบและเคลือบ พบว่าการเคลือบสามารถเพิ่มความสวยงามมันเงา น่ารับประทานให้กับมังคุด สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเหี่ยวของกลีบเลี้ยง ชะลอการลดลงของความแข็งเปลือก ลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนในผลิตผล และไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับกลิ่นและรสชาติ โดยมังคุดที่เคลือบด้วยสูตร Lab-a ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ผลไม้เขตร้อนอีกชนิดที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบคือมะม่วง ทดสอบโดยพ่นสารเคลือบสูตร Lab-a lab-c (องค์ประกอบหลักเหมือน Lab-a แต่ลดปริมาณเชลแล็กลงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนัก)) และ Teva ในอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม ทำการทดสอบที่สองสภาวะคือเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 5^{0}C) และ 12 ± 1^{0}C พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ± 1^{0}C สามารถเก็บรักษามะม่วงได้นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 สัปดาห์ และการเคลือบสามารถเพิ่มความมันเงา ลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการลดลงของเปอร์เซ็นต์กรด และลดอัตราการหายใจได้ โดยสารเคลือบสูตร Lab-c ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด การขึ้นรูปสารเคลือบเพื่อทดสอบสมบัติของฟิล์มพบว่าสารเคลือบทางการค้าและสูตร Lab-b ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ เมื่อวัดสมบัติทางความร้อนพบว่าสารเคลือบที่เตรียมได้ในห้องปฏิบัติการมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วอยู่ระหว่าง 31 ถึง 35 ^{0}C ซึ่งต่ำกว่าสารเคลือบทางการค้า Teva ที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเท่ากับ 59 ^{0}C ส่วนค่าความทนดึงของฟิล์มทั้งสามสูตรคือ Lab-a Lab-c และ Lab-d มีค่าเท่ากับ 242.54 218.96 และ 50.32 MPa ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การยืดตัวเท่ากับ 2.99 2.73 และ 5.83 % ตามลำดับ และค่าความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำของฟิล์มเคลือบที่เตรียมโดยใช้เทคนิคการหล่อฟิล์มทั้งสามสูตร (Lab-a Lab-c และ Lab-d) มีค่าเท่ากับ 4.29 13.24 และ 18.13 g-m/m^{2}-S-Pa ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต ผ่องเพ็ญ อรรคสีวร

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2548

4670387021 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: COATING / SHELLAC / TROPRICAL FRUIT / MANGO (CV. AMDOKMAI) / MANGOSTEEN

PONGPENG ACCASEAVORN: DEVELOPMENT OF SHELLAC COATING FOR EXTENDING SHEI F-LIFE OF MANGO (CV. NAMDOKMAI) AND MANGOSTEEN.

THESIS ADVISOR: SORADA KANOKPANONT, Ph.D., 215 pp. ISBN 974-17-423-3

Shellac based coating formulations for extending shelf-life for two tropical fruits, mango (cv. Namdokmai) and mangosteen were evaluated. Formulations Lab-a (shellac 15 %(w/w) and oleic acid 1 %(w/w)) and Lab-b (Lab-a with PEG and silicone oil 10 and 0.1 %(w/w) respectively) were tested in comparison with Teva, a commercial coating formula, for their efficacy in extending the shelf-life of mangosteen. Mangosteenes were coated (sprayed) with the formulated solutions at 20 ml solutions/1 kg and were stored at two conditions, room temperature (30±5^{0}C) and 13±1 ^{0}C. Storage at 13±1 ^{0}C prolonged mangosteens's shelf-life by 2 weeks over those stored at the room temperature. The most effective formula for coating mangosteen was Lab-a. Qualities of coated mangosteenes were superior to those of the control (non coating) group. Coating with Lab-a improved gloss, reduced weight loss, delay calyx wrinkle and pericarp's softening, reduced respiration rate and ethylene production. Mangoes were coated with either Lab-a, Lab-c (10 %(w/w) shellac) or Teva stored either at room temperature (25±5^{0}C) or at 12 ^{0}C. Storage at 12 ^{0}C prolonged the mangoes's shelf-life by 2 weeks over those stored at the room temperature. Lab-c was the best formulation for keep qualities of mangoes. Coating with Lab-c increased gloss, improved appearances, reduced weight loss, percent titrable acidity, and respiration rate. Films of coating formulation containing shellac 5-15 %(w/w) had glass transition temperature (Tg) ranged from 31 - 35 ^{0}C while Teva had a Tg of 59 ^{0}C. Tensile strength of the formulated films ranged from 50 - 242 MPa, percent elongation ranged from 2.73– 5.83% and water vapor permeability ranged from 4.29 - 18.13 g-m/m^{2}-S-Pa.

Department Chemical Engineering Student's signature.....

Field of study Chemical Engineering Advisor's signature.....

Academic year 2005

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจากบุคคลหลายๆท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อ.ดร.โศรดา กนกพานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อ.ดร.อภิตา บุญศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำวิธีการทำงานวิจัยตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ดร.อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์ ผศ.ดร.สีรุ้ง ปรีชานนท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรศ.ดร.ศิริพร ดำรงค์ศักดิ์กุล ประธานสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัย

บริษัท เอกเซลแลคส์ จำกัด ที่กรุณาเอื้อเฟื้อเซลแล็กขาวเพื่อใช้ในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

ห้องปฏิบัติการวิจัยพอลิเมอร์ ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับวัดคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม

พี่ๆที่งานวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

งานวิจัยนี้จะสำเร็จลงไม่ได้ถ้าขาดบุคคลเหล่านี้ นายธำรงค์ อัมพรรัตน์ นางสาวยุวลักษณ์ ศิริพลบุญ และนายประชานาถ กิตติไกวัล ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยในส่วนการเคลือบสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพื่อนๆ น้องๆ ห้องปฏิบัติการและวิจัยวิศวกรรมชีวเคมีทุกคนสำหรับคำแนะนำ กำลังใจ และบรรยากาศที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา น้องชาย ที่เป็นกำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือในส่วนของการเรียบเรียง และการตรวจทานเล่มวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงการให้การสนับสนุนเงินทุนสำรองในงานวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญภาพ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาของงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....3

1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 ความสำคัญ.....5

2.2 การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางชีวเคมีในผักและผลไม้.....13

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อชีววิทยาของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว.....16

2.4 ดัชนีบ่งบอกคุณภาพของผักและผลไม้.....18

2.5 การใช้สารเคลือบผิวกับผักและผลไม้.....20

2.6 เชลแล็ก.....25

2.7 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง.....31

2.8 สรุปสูตรสารละลายเชลแล็ก.....33

2.9 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดและมะม่วง.....38

2.10 กระบวนการเคลือบ.....41

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....43

3.1 การดำเนินงานวิจัย.....43

3.2 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ในการวิจัย.....45

3.3 คัดเลือกสารเคลือบเชลแล็ก.....46

3.4 ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบเชลแล็ก.....47

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบเชลแล็ก.....48

3.6 การทดสอบสมบัติของฟิล์ม.....55
3.7 การทดสอบการคงตัวของสารเคลือบ.....57
3.8 สถานที่ทำการวิจัย.....57
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....58
4.1 ประสิทธิภาพของสารเคลือบที่มีเซลแล็กเป็นองค์ประกอบหลัก.....59
4.2 ลักษณะและสมบัติของฟิล์มที่ผลิตจากสารเคลือบ.....129
4.3 ความคงตัวของสารเคลือบ.....134
4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนของสารเคลือบ.....138
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....141
5.1 สรุปผลการทดลอง.....141
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ.....142
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....142
รายการอ้างอิง.....143
ภาคผนวก.....150
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....151
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและตัวอย่างการคำนวณ.....154
ภาคผนวก ค วิธีการทดสอบ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติของฟิล์ม.....172
ภาคผนวก ง สรุปการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดสอบคุณภาพมังคุดและมะม่วง.....177
ภาคผนวก จ ข้อมูลดิบ และสรุปการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดสอบสมบัติทางกล และความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำ.....208
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....215

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1อายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วงแต่ละพันธุ์.....6
ตารางที่ 2.2 ความถ่วงจำเพาะ การจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเปลือกหุ้มเมล็ด.....7
ตารางที่ 2.3 วัยของมังคุด.....11
ตารางที่ 2.4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะม่วงสดและมังคุดสด.....12
ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของสารคัดหลั่งจากแมลงครั่งหลังผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์.....26
ตารางที่ 2.6 สรุปสูตรสารละลายเซลแล็กจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....33
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของสูตรสารเคลือบในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก.....46
ตารางที่ 4.1 คะแนนคุณลักษณะเฉลี่ยของมังคุดทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ผู้บริโภค.....82
ตารางที่ 4.2 คะแนนคุณลักษณะเฉลี่ยของมังคุดทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ผู้บริโภค.....84
ตารางที่ 4.3 ผลเปรียบเทียบระหว่างวัตถุพิสัย และจิตพิสัยของมังคุดทรีทเมนต์ต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....90
ตารางที่ 4.4 ผลเปรียบเทียบระหว่างวัตถุพิสัย และจิตพิสัยของมังคุดทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....91
ตารางที่ 4.5 คะแนนคุณลักษณะเฉลี่ยของมะม่วงทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค.....118
ตารางที่ 4.6 คะแนนคุณลักษณะเฉลี่ยของมะม่วงทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค.....121
ตารางที่ 4.7 ผลเปรียบเทียบระหว่างวัตถุพิสัย และจิตพิสัยของมะม่วงทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....127
ตารางที่ 4.8 ผลเปรียบเทียบระหว่างวัตถุพิสัย และจิตพิสัยของมะม่วงทรีทเมนต์ต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....128
ตารางที่ 4.9 glassition temperature ของสารเคลือบสูตรต่างๆ.....130
ตารางที่ 4.10 สรุปสมบัติของสารเคลือบ.....134
ตารางที่ 4.11 วิเคราะห์ต้นทุนของสารเคลือบสูตร Lab-a สำหรับมังคุด.....138
ตารางที่ 4.12 วิเคราะห์ต้นทุนของสารเคลือบสูตร Lab-c สำหรับมะม่วง.....139

ตารางที่ ข.1 รูปแบบข้อมูลของการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ที่มีจำนวนเท่าซ้ำกัน.....156
ตารางที่ ข.2 สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อ n ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน.....157
ตารางที่ ข.3 รูปแบบข้อมูลของการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ของการสูญเสียน้ำหนักในแต่ละทรีทเมนต์และการคำนวณค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีจำนวนซ้ำเท่ากัน.....160
ตารางที่ ข.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ของข้อมูลการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา.....163
ตารางที่ ข.5 รูปแบบข้อมูลของการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ของการสูญเสียน้ำหนักในแต่ละทรีทเมนต์และการคำนวณค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีจำนวนซ้ำเท่ากัน.....164
ตารางที่ ข.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ของข้อมูลการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา.....167
ตารางที่ ข.7 ข้อมูลความทนแรงดึงของสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d โดยจำนวนซ้ำในการทดลองเท่ากับ 5.....168
ตารางที่ ข.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ของข้อมูลความทนแรงดึงของฟิล์มเคลือบจากสารเคลือบ.....171
ตารางที่ ง.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....178
ตารางที่ ง.2 ความสว่างของเปลือกมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....178
ตารางที่ ง.3 ความเป็นสีแดงของเปลือกมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....179
ตารางที่ ง.4 ความสว่างของกลีบเลี้ยงมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....179
ตารางที่ ง.5 ความเป็นสีเขียวของกลีบเลี้ยงมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....179
ตารางที่ ง.6 ความแข็งเปลือกของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....180
ตารางที่ ง.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....180
ตารางที่ ง.8 เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....180
ตารางที่ ง.9 อัตราการหายใจของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....181
ตารางที่ ง.10 การผลิตเอทิลีนของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....183
ตารางที่ ง.11 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....185
ตารางที่ ง.12 ความสว่างของเปลือกมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....185
ตารางที่ ง.13 ความเป็นสีแดงของเปลือกมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....186

ตารางที่ ง.14 ความสว่างของกลีบเลี้ยงมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....186
ตารางที่ ง.15 ความเป็นสีเขียวของกลีบเลี้ยงมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....186
ตารางที่ ง.16 ความแข็งเปลือกของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....187
ตารางที่ ง.17 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....187
ตารางที่ ง.18 เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....187
ตารางที่ ง.19 อัตราการหายใจของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....188
ตารางที่ ง.20 การผลิตเอทิลีนของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C.....190
ตารางที่ ง.21 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....192
ตารางที่ ง.22 ความสว่างของเปลือกมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....192
ตารางที่ ง.23 ความเป็นสีเขียวของเปลือกมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....193
ตารางที่ ง.24 ความเป็นสีเหลืองของเปลือกมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....193
ตารางที่ ง.25 ความสว่างของเนื้อมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....193
ตารางที่ ง.26 ความเป็นสีเขียวของเนื้อมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....194
ตารางที่ ง.27 ความเป็นสีเหลืองของเนื้อมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....194
ตารางที่ ง.28 ความแน่นเนื้อของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....194
ตารางที่ ง.29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....195
ตารางที่ ง.30 เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....195
ตารางที่ ง.31 อัตราการหายใจของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....195
ตารางที่ ง.32 การผลิตเอทิลีนของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....198
ตารางที่ ง.33 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....200
ตารางที่ ง.34 ความสว่างของเปลือกมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....200
ตารางที่ ง.35 ความเป็นสีเขียวของเปลือกมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....201
ตารางที่ ง.36 ความเป็นสีเหลืองของเปลือกมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....201
ตารางที่ ง.37 ความสว่างของเนื้อมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....201
ตารางที่ ง.38 ความเป็นสีเขียวของเนื้อมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....202
ตารางที่ ง.39 ความเป็นสีเหลืองของเนื้อมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....202
ตารางที่ ง.40 ความแน่นเนื้อของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....202
ตารางที่ ง.41 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....203
ตารางที่ ง.42 เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....203

ตารางที่ ง.43 อัตราการหายใจของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....204
ตารางที่ ง.44 การผลิตเอทิลีนของมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C.....206
ตารางที่ จ.1 ข้อมูลความทนแรงดึงของฟิล์มเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d.....209
ตารางที่ จ.2 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของฟิล์มเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d.....209
ตารางที่ จ.3 ข้อมูลความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำของฟิล์มเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d.....210
ตารางที่ จ.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของความทนแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัว และความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำของฟิล์มเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d.....210

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบอัตราการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric และ non – climacteric.....14
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเซลแล็ก.....26
รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตเซลแล็กขาว.....28
รูปที่ 2.4 กระบวนการเคลือบส้ม.....42
รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย.....44
รูปที่ 3.2 Flow board ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการหายใจของอากาศที่ผ่านเข้าออก.....50
รูปที่ 4.1 ลักษณะภายนอกของมังคุดหลังการเคลือบด้วยสารเคลือบสูตรต่างๆที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง นาน 12 วัน.....60
รูปที่ 4.2 ลักษณะภายนอกของมังคุดหลังการเคลือบด้วยสารเคลือบสูตรต่าง ๆ ที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 13 ^{0}C นาน 28 วัน.....61
รูปที่ 4.3 การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....63
รูปที่ 4.4 การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....63
รูปที่ 4.5 ค่าความสว่างของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....66
รูปที่ 4.6 ค่าความสว่างของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a, Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....66
รูปที่ 4.7 ค่าความเป็นสีแดงของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....67
รูปที่ 4.8 ค่าความเป็นสีแดงของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....67
รูปที่ 4.9 ค่าความสว่างของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....69
รูปที่ 4.10 ค่าความสว่างของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....69

รูปที่ 4.11 ค่าความเป็นสีเขียวของกลีบเลี้ยงมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตรLab-a Lab-b และTeva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....70
รูปที่ 4.12 ค่าความเป็นสีเขียวของกลีบเลี้ยงมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และTeva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....70
รูปที่ 4.13 ค่าความแข็งเปลือกของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....72
รูปที่ 4.14 ค่าความแข็งเปลือกของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....72
รูปที่ 4.15 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....74
รูปที่ 4.16 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....74
รูปที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และTevaเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....76
รูปที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และTeva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....76
รูปที่ 4.19 อัตราการหายใจของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....78
รูปที่ 4.20 อัตราการหายใจของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....78
รูปที่ 4.21 การผลิตเอทิลีนของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....80
รูปที่ 4.22 การผลิตเอทิลีนของมังคุดเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-b และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....80
รูปที่ 4.23 ลักษณะภายนอกของมะม่วงหลังการเคลือบด้วยสารเคลือบสูตรต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 12 วัน.....93

รูปที่ 4.24 ลักษณะภายนอกของมะม่วงหลังการเคลือบด้วยสารเคลือบสูตรต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12^{0}C นาน 12 วัน.....94
รูปที่ 4.25 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....96

รูปที่ 4.26 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....96
รูปที่ 4.27 ค่าความสว่างของเปลือกมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....98
รูปที่ 4.28 ค่าความสว่างของเปลือกมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....98
รูปที่ 4.29 ค่าความเป็นสีเขียวของเปลือกมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน....99
รูปที่ 4.30 ค่าความเป็นสีเขียวของเปลือกมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และTeva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28วัน...99
รูปที่ 4.31 ค่าความเป็นสีเหลืองเปลือกของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และTevaเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12วัน..100
รูปที่ 4.32 ค่าความเป็นสีเหลืองเปลือกของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และTevaเก็บรักษาที่อุณหภูมิ12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28วัน..100
รูปที่ 4.33 ค่าความสว่างของเนื้อมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....103
รูปที่ 4.34 ค่าความสว่างของเนื้อมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....103
รูปที่ 4.35 ค่าความเป็นสีเขียวของเนื้อมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....104
รูปที่ 4.36 ค่าความเป็นสีเขียวของเนื้อมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....104
รูปที่ 4.37 ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....105

รูปที่ 4.38 ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....105
รูปที่ 4.39 ความแน่นเนื้อของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....107
รูปที่ 4.40 ความแน่นเนื้อของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....107
รูปที่ 4.41 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....109
รูปที่ 4.42 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....109
รูปที่ 4.43 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....111
รูปที่ 4.44 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน....111
รูปที่ 4.45 อัตราการหายใจของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....113
รูปที่ 4.46 อัตราการหายใจของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....113
รูปที่ 4.47 การผลิตเอทิลีนของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 12 วัน.....116
รูปที่ 4.48 การผลิตเอทิลีนของมะม่วงเมื่อไม่ได้เคลือบ เคลือบด้วยสูตร Lab-a Lab-c และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน.....116
รูปที่ 4.49 ฟิล์มจากสารเคลือบเชลแล็กสูตรต่างๆ.....129
รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างฟิล์มเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d กับค่าความทนแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของฟิล์ม.....133
รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างฟิล์มเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d กับความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำ.....132

รูปที่ 4.52 ความหนืดของสารเคลือบสูตร Lab-a และ Lab-b เก็บที่อุณหภูมิห้องระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน.....136
รูปที่ 4.53 ความหนืดของสารเคลือบสูตร Lab-a และ Lab-b เก็บที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน.....136
รูปที่ 4.54 ค่า pH ของสารเคลือบสูตร Lab-a และ Lab-b เก็บที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน.....137
รูปที่ 4.55 ค่า pH ของสารเคลือบสูตร Lab-a และ Lab-b เก็บที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน.....137
รูปที่ 4.56 กระบวนการผลิตสารเคลือบเชลแล็ก.....140
รูปที่ ค.1 ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบสมบัติเชิงกล.....173
รูปที่ ค.2 ขั้นตอนการทดลองหาความสามารถในการแพร่ผ่านของไอน้ำ.....174
รูปที่ ค.3 ลักษณะการทำงานของเครื่อง DSC 176
รูปที่ จ.1 ผลการวัดสมบัติทางความร้อนของเชลแล็กขาว (bleached shellac).....211
รูปที่ จ.2 ผลการวัดสมบัติทางความร้อนของสารเคลือบสูตร Lab-a Lab-c และ Lab-d.....212
รูปที่ จ.3 ผลการวัดสมบัติทางความร้อนของสารเคลือบสูตร Lab-b.....213
รูปที่ จ.4 ผลการวัดสมบัติทางความร้อนของสารเคลือบสูตร Teva.....214