



247083



ผลของการแช่เยือกแข็งให้ได้น้ำตาลด้วยวิธีออสโมติกที่มีผลต่อคุณภาพของ

ลำไยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง

EFFECT OF OSMODEHYDROFREEZING ON QUALITY

CHARACTERISTICS OF FROZEN LONGAN

DURING FROZEN STORAGE

นายฉกาภิกร เหมะสุจิน

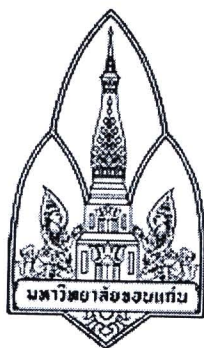
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554



247083



ผลของการแช่เยือกแข็งหลังดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของ
ลำไยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง

**EFFECT OF OSMODEHYDROFREEZING ON QUALITY
CHARACTERISTICS OF FROZEN LONGAN
DURING FROZEN STORAGE**

นายอาทิตย์กร เหมะรุฉิน

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

ผลของการแช่เยือกแข็งหลังดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของ
ลำไยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง

นายอาทิกร เหมะรุลีน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2554

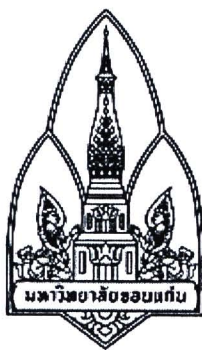
**EFFECT OF OSMODEHYDROFREEZING ON QUALITY
CHARACTERISTICS OF FROZEN LONGAN
DURING FROZEN STORAGE**

MR. ARTIKORN HEMATHULIN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FOOD TECHNOLOGY**

GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY

2011



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

ชื่อวิทยานิพนธ์ : ผลของการแช่เยือกแข็งหลังคังน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะ
คุณภาพของลำไยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ : นายอาทิตกร เหมะรุกลิน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์:

รศ. ดร. บวรศักดิ์ ลีนานนท์	ประธานกรรมการ
ผศ. ดร. ธนกร โรจนกร	กรรมการ
รศ. ดร. สิงหนาท พวงจันทน์แดง	กรรมการ
ดร. พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนกร โรจนกร)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาคย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกษม นันทชัย)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

อาทิกร เหมะรุฉิน. 2554. ผลของการแช่เยือกแข็งหลังคั่งน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของลำไยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศศ.ดร.ธนกร โรจนกร

บทคัดย่อ

247083

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของกระบวนการคั่งน้ำออกด้วยการออสโมซิสก่อนแช่เยือกแข็ง ต่อลักษณะคุณภาพของชิ้นเนื้อลำไยพันธุ์คอแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง โดยในขั้นแรกได้คั่งน้ำออกจากชิ้นลำไยด้วยการออสโมซิสในสารละลายซูโครส ซอร์บิทอลและมอลโทเดกซ์ทรินที่มีความเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง และติดตามวัดค่าการสูญเสียน้ำและได้รับของแข็งของชิ้นลำไยในระหว่างกระบวนการออสโมซิส จากผลการทดลองพบว่าอัตราการสูญเสียน้ำและการได้รับของแข็งจะมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในชั่วโมงแรกของการออสโมซิสที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงได้เลือกการออสโมซิสที่ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงสำหรับการศึกษานำไป สำหรับการทดลองเรื่องการแช่เยือกแข็งหลังคั่งน้ำออกด้วยการออสโมซิสทำได้โดยการจุ่มเนื้อลำไยลงในสารละลายแต่ละชนิดที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกจากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งด้วย air blast freezer ที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียสจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นลำไยเป็น -18 องศาเซลเซียส โดยในการทดลองได้ใช้เนื้อลำไยสดที่ไม่ได้ผ่านการออสโมซิสไปแช่เยือกแข็งด้วยเพื่อใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ จากนั้นนำตัวอย่างลำไยแช่เยือกแข็งทุกตัวอย่างไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือนเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพ จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของของแข็งในชิ้นลำไยในระหว่างการคั่งน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสจะมีผลทำให้จุดเยือกแข็งเริ่มต้นของชิ้นลำไยลดลงและทำให้อัตราการแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างชิ้นลำไยที่ไม่ผ่านการออสโมซิสและตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสในละลายซูโครส ซอร์บิทอลและมอลโทเดกซ์ทรินจะมีจุดเยือกแข็งเริ่มต้นเป็น -1.5 -2.2 -3.0 และ -1.9 องศาเซลเซียสตามลำดับ ตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสก่อนแช่เยือกแข็งเมื่อนำมาละลายน้ำแข็งจะมีค่าความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งด้วยซอร์บิทอลและซูโครสจะมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด ($p \leq 0.05$) ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างแช่เยือกแข็งทุกตัวอย่างจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเวลาในการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น การออสโมซิสตัวอย่างในสารละลายออสโมติกทุกชนิดจะทำให้ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งและค่าความชื้นของตัวอย่างลดลง ($p \leq 0.05$) และการออสโมซิสตัวอย่างในสารละลายซอร์บิทอลและซูโครสจะมีค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาเก็บที่เพิ่มขึ้น สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างแช่เยือกแข็งทุกตัวอย่างจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และค่าองค์ประกอบที่ตลอดช่วงของการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง ($p > 0.05$) จากผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอลและซูโครสจะทำให้ได้ตัวอย่างแช่

247083

เยือกแข็งที่มีค่าคะแนนความชอบด้าน สี เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม สูงสุด ($p \leq 0.05$) ตลอดช่วงการเก็บ 4 เดือนที่ -20 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากระบวนการดองน้ำออกด้วยการออสโมซิสก่อนแช่เยือกแข็งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของชิ้นลำไยแช่เยือกแข็งได้

Artikorn Hemathulin. 2011. **Effect of Osmodehydrofreezing on Quality Characteristics of Frozen Longan During Frozen Storage**. Master of Science Thesis in Food Technology, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor : Asst. Prof. Dr. Thanakorn Rojanakorn

ABSTRACT

247083

The present study aimed to investigate the effects of osmodehydrofreezing, a combined process of osmotic dehydration and freezing on the quality characteristics of frozen longan (cv.Daw) during frozen storage. Initially, longan pieces were osmotically dehydrated in 55% sucrose, sorbitol and high DE maltodextrin (HDMD) solutions at 30 and 40 °C for 1, 2, 3, 4 and 5 hours. The water loss and solid gain during osmotic dehydration process were determined. The results revealed that the highest rates of water loss and solid gain occurred at the first hour of the osmotic period at 40 °C. Therefore, the osmosis at 40 °C for 1 hour was chosen and used in the later step of this study. For osmodehydrofreezing study, longan pieces were immersed in different solutions at 40 °C for 1 hour, packed in plastic pouches and then frozen in an air blast freezer at -35 °C until the geometric temperature of the sample reached -18 °C. Fresh or untreated sample was also used for comparison. The changes in physical and chemical qualities of all frozen longan samples during frozen storage at -20 °C for 0, 1, 2, 3 and 4 months were further studied. The results showed that an increment of solid content in longan pieces during osmotic dehydration resulted in a decrease of the initial freezing point and an increase in the freezing rate of the osmodehydrated samples. The initial freezing points of the untreated sample and samples osmodehydrated in sucrose, sorbitol and maltodextrin solutions were -1.5, -2.2, -3.0 and -1.9 °C, respectively. After thawing, all osmodehydrofrozen samples had higher firmness and total soluble solid ($p \leq 0.05$) than the untreated sample. Samples osmodehydrated with sorbitol and sucrose solutions exhibited the highest firmness ($p \leq 0.05$). As expected, the firmness of all frozen longan samples significantly decreased ($p \leq 0.05$) with frozen storage time. The osmotic pretreatment with all osmotic solutions lowered drip loss and moisture content of frozen samples ($p \leq 0.05$). Samples immersed in sorbitol and sucrose solutions before freezing exhibited the lowest drip loss ($p \leq 0.05$). Drip loss of all frozen longan samples significantly increased with increasing frozen storage time ($p \leq 0.05$). The pH values of all frozen samples were not significantly different ($p > 0.05$) and they remained constant throughout the storage period. The results of the preference test showed that the osmotic pretreatment with sorbitol and sucrose solutions resulted in the frozen samples with the highest liking score in term of color, texture, flavor and overall acceptability ($p \leq 0.05$) throughout the 4 months storage at -20 °C. These results indicated that osmodehydrofreezing can be applied to improve the quality of frozen longan pieces.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. ชนกร โรจนกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาใช้เวลาให้ความช่วยเหลือพร้อมทั้งให้คำแนะนำทางวิชาการ และเป็นกำลังใจอย่างมากตลอดเวลาในการทำวิจัยนี้ รวมถึงตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ทุกชั้นตอน

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร.บวรศักดิ์ ลีนานนท์ รศ. ดร. สิงหนาท พวงจันทร์แดง และ ดร. พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล ที่กรุณาให้ข้อชี้แนะในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำทดลอง รวมถึงพี่ๆ และเพื่อนนักศึกษาร่วมสถาบัน ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนการวิจัยจนสำเร็จลุล่วง และภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุพการี ที่คอยเป็นกำลังใจเสมอ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้เสมอมา

อาทิตกร เหมะรุลีน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญ	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ข้อจำกัดงานวิจัย	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
1. กระบวนการแช่เยือกแข็งหลังคั่งน้ำออกด้วยการออสโมซิส (Osmodehydrofreezing)	4
2. การออสโมซิส	4
3. การแช่เยือกแข็งอาหาร	7
4. ลำไย (longan)	19
5. คุณสมบัติของน้ำตาลซูโครส มอลโทเดกซ์ทริน และซอร์บิทอล	20
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแช่เยือกแข็งหลังคั่งน้ำออกด้วยการออสโมซิส	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	26
1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ	26
2. วิธีดำเนินงานวิจัย	27
3. สถานที่ทำการวิจัย	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	32
1. ผลการศึกษาคู่ประเภททางเคมีและกายภาพของลำไยสด	32
2. ผลของการหาอุณหภูมิและเวลาในการคั่งน้ำบางส่วนออกจากเนื้อลำไยโดยการออสโมซิสในสารละลายชนิดต่างๆ	33
3. ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	65
1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของลำไยสด	65
2. ผลของการหาอุณหภูมิและเวลาในการคึ่งน้ำบางส่วนออกจากเนื้อลำไยโดยการ ออสโมซิสในสารละลายชนิดต่างๆ	65
3. ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของเนื้อลำไย แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	70
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	71
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของลำไยสด	84
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของลำไยแช่เยือกแข็ง	88
ภาคผนวก ง ข้อมูลประกอบผลการทดลอง	90
ประวัติผู้เขียน	92

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	องค์ประกอบของลำไยสดและลำไยแห้ง
ตารางที่ 2	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเริ่มต้นของลำไยสด
ตารางที่ 3	ค่าอัตราการสูญเสีย น้ำ (Rate of WL) ของเนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายซูโครสที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 4	ค่าอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็ง (Rate of SG) เข้าสู่เนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายซูโครสที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 5	ค่าอัตราการสูญเสีย น้ำ (Rate of WL) ของเนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 6	ค่าอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็ง (Rate of SG) เข้าสู่เนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 7	ค่าอัตราการสูญเสีย น้ำ (Rate of WL) ของเนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายซอร์บิทอลที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 8	ค่าอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็ง (Rate of SG) เข้าสู่เนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายซอร์บิทอลที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 9	ค่ากิจกรรมของน้ำของเนื้อลำไยที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายชนิดต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส
ตารางที่ 10	ค่าจุดเยือกแข็งเริ่มต้น (initial freezing point) เวลาในการแช่เยือกแข็ง (freezing time) และอัตราการแช่เยือกแข็ง (Freezing rate) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส
ตารางที่ 11	ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อค่าการสูญเสีย น้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็ง
ตารางที่ 12	ผลของเวลาเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งต่อค่าการสูญเสีย น้ำระหว่างการละลายน้ำแข็งของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็ง
ตารางที่ 13	ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อปริมาณความชื้นของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง
ตารางที่ 14	ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังผ่านการละลายน้ำแข็ง
ตารางที่ 15	ผลของเวลาเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง ต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในเนื้อลำไยที่แช่เยือกแข็งหลังผ่านการละลายน้ำแข็ง

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 16 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อค่าความแน่นเนื้อของเนื้อ ลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	51
ตารางที่ 17 ผลของเวลาเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งต่อค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยแช่ เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	52
ตารางที่ 18 ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อน แช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลา 0 ถึง 4 เดือน	53
ตารางที่ 19 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อ ลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	54
ตารางที่ 20 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งที่ผ่านและไม่ผ่านการ ออสโมซิสซึ่งเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลาต่างๆ	55
ตารางที่ 21 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิส ต่อค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	55
ตารางที่ 22 ผลของเวลาในการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งต่อค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ของ เนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	56
ตารางที่ 23 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิส ต่อค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	57
ตารางที่ 24 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิส ต่อค่าคะแนนความชอบด้านสี ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	58
ตารางที่ 25 ผลของเวลาในการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งต่อค่าคะแนนความชอบด้านสี ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งและเก็บหลังการละลายน้ำแข็ง	59
ตารางที่ 26 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิส ต่อค่าคะแนนความชอบ ด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	60
ตารางที่ 27 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อค่าคะแนนความชอบด้าน กลิ่นรส ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	62
ตารางที่ 28 ผลของเวลาในการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งต่อค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	62
ตารางที่ 29 ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิส ต่อค่าคะแนนความชอบรวม ของเนื้อลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 30 ผลของเวลาในการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งต่อค่าคะแนนความชอบรวมของเนื้อ ลำไยแช่เยือกแข็งหลังการละลายน้ำแข็ง	64
ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการสูญเสียน้ำ (Rate of WL) เข้าสู่ เนื้อลำไยในสารละลายซูโครสที่สภาวะต่างๆ	72
ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็ง (Rate of SG) เข้าสู่เนื้อลำไยในสารละลายซูโครสที่สภาวะต่างๆ	72
ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการสูญเสียน้ำ (Rate of WL) เข้าสู่ เนื้อลำไยในสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินที่สภาวะต่างๆ	73
ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็ง (Rate of SG) เข้าสู่เนื้อลำไยในสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินที่สภาวะต่างๆ	73
ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการสูญเสียน้ำ (Rate of WL) เข้าสู่ เนื้อลำไยในสารละลายซอร์บิทอลที่สภาวะต่างๆ	74
ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็ง (Rate of SG) เข้าสู่เนื้อลำไยในสารละลายซอร์บิทอลที่สภาวะต่างๆ	74
ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการ ออสโมซิส เวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส	75
ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า initial freezing point ของเนื้อลำไยที่ผ่าน และไม่ผ่านการออสโมซิส	75
ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาในการแช่เยือกแข็งของเนื้อลำไยที่ผ่าน และไม่ผ่านการออสโมซิส	75
ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการแช่เยือกแข็ง (Freezing rate) ของ เนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส	76
ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายน้ำแข็ง (%Drip loss) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็ง และเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	76
ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้น (%MC) ของเนื้อลำไยที่ผ่าน และไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 43	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (%TS) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	77
ตารางที่ 44	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแน่นเนื้อ (firmness, g) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	78
ตารางที่ 45	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	78
ตารางที่ 46	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อลำไยที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	79
ตารางที่ 47	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	79
ตารางที่ 48	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของเนื้อลำไยที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	80
ตารางที่ 49	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) ของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	80
ตารางที่ 50	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนความชอบด้านสีของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	81
ตารางที่ 51	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	81
ตารางที่ 52	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 53	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	82
ตารางที่ 54	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนความชอบรวมของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 เดือน	83
ตารางที่ 55	ค่าปริมาณความชื้นของเนื้อลำไยที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายชนิดต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	91

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	การถ่ายเทมวลที่เกิดขึ้นเมื่อแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติก	5
ภาพที่ 2	กราฟการแช่เยือกแข็งของอาหาร	9
ภาพที่ 3	ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในการแช่เยือกแข็ง (ก) การแช่เยือกแข็งแบบช้า (ข) การแช่เยือก แข็งแบบเร็ว	11
ภาพที่ 4	การตกผลึกใหม่แบบ migratory recrystallization	14
ภาพที่ 5	สูตร โครงสร้างทางเคมีของ (ก) น้ำตาลซูโครส (ข) มอลโทเดกซ์ทริน และ (ค) ซอร์บิทอล	23
ภาพที่ 6	ค่าการสูญเสียน้ำ (WL) ของเนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายซูโครสเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 30 และ 40°ซ เป็นเวลา 0 - 5 ชั่วโมง	33
ภาพที่ 7	ค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) ของเนื้อลำไยที่ออสโมซิสในสารละลายซูโครส เข้มข้น ร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 30 และ 40°ซ เป็นเวลา 0 - 5 ชั่วโมง	33
ภาพที่ 8	ค่าการสูญเสียน้ำ (WL) ของเนื้อลำไยที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลายมอลโทเดกซ์ ทรินเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 30 และ 40°ซ เป็นเวลา 0 - 5 ชั่วโมง	35
ภาพที่ 9	ค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) ของเนื้อลำไยที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลาย มอลโทเดกซ์ทรินเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 30 และ 40°ซ เป็นเวลา 0 - 5 ชั่วโมง	36
ภาพที่ 10	ค่าการสูญเสียน้ำ (WL) ของเนื้อลำไยที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอล เข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 30 และ 40°ซ เป็นเวลา 0 - 5 ชั่วโมง	38
ภาพที่ 11	ค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) ของเนื้อลำไยที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลาย ซอร์บิทอลเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 30 และ 40°ซ เป็นเวลา 0 - 5 ชั่วโมง	38
ภาพที่ 12	ค่าการสูญเสียน้ำ (WL) ออกจากเนื้อลำไยเมื่อออสโมซิสในสารละลายซูโครส สาร ละลายมอลโทเดกซ์ทรินและสารละลายซอร์บิทอลเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	41
ภาพที่ 13	ค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (SG) ของเนื้อลำไยเมื่อออสโมซิสในสารละลายซูโครส สารละลายมอลโทเดกซ์ทรินและสารละลายซอร์บิทอลเข้มข้นร้อยละ 55 โดยน้ำหนักที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	41
ภาพที่ 14	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับเวลาในระหว่างการแช่เยือกแข็งเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ ผ่านการออสโมซิส	44
ภาพที่ 15	คะแนนความชอบด้านรสชาติของเนื้อลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการ แช่เยือกแข็งและเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นระยะเวลาต่างๆ	61