

การแช่แข็งผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย

นางสาวศรีสุวรรณ แซ่เบ๊

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-523-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**FREEZING OF ECONOMICALLY IMPORTANT THAI FRUITS**

**Miss Srisuwan Bay**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Science**

**Department of Food Technology**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**1991**

**ISBN 974-578-523-7**

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การแช่แข็งผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย

โดย นางสาวศรีสุวรรณา แซ่เบ๊

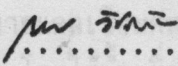
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. วณี สงวนดีกุล

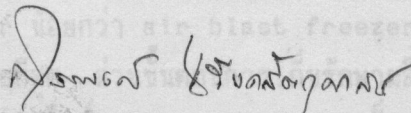
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุกุมารส

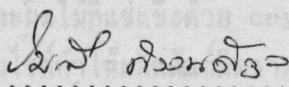
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย

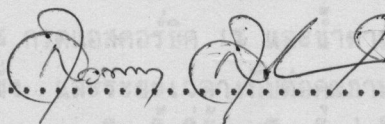
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

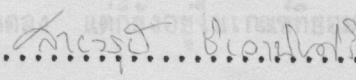
 ..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วิชัยวัช )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ..... ประธานกรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนพงษ์ นวังคส์ตฤศาสน์ )

 ..... กรรมการ  
( อาจารย์ ดร. วณี สงวนดีกุล )

 ..... กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุกุมารส )

 ..... กรรมการ  
( อาจารย์ ดร. สายวรุณี ชัยวานิชศิริ )

ศรีสุวรรณ แซ่เป้: การแช่แข็งผลไม้เศรษฐกิจของไทย ( FREEZING OF ECONOMICALLY IMPORTANT THAI FRUITS) อ.ที่ปรึกษา: อ.ดร.รมณี สงวนดีกุล, ผศ.ดร.สุวรรณ สกิมารส, 181 หน้า, ISBN 974-578-523-7

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีผลิตผลไม้แช่แข็งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และศึกษาผลของระยะเวลาเก็บต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย คือ เงาะพันธุ์โรงเรียนและลิ้นจี่พันธุ์โองฮวย โดยใช้ air blast freezer และ plate freezer ในการแช่แข็งเงาะ ใช้ air blast freezer, plate freezer และ cryogenic freezer ในการแช่แข็งลิ้นจี่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ด และใช้ air blast freezer และ cryogenic freezer ในการแช่แข็งลิ้นจี่ทั้งเปลือก ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลไม้ที่ผ่านการปอกเปลือกและคว้านเมล็ด ได้ศึกษาผลของการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยใช้กรดซิตริก 0, 1.0 และ 2.0% (w/v) กรดแอสคอร์บิก 0, 0.25 และ 0.50% (w/v) พบว่า ระดับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ไม่แตกต่างกัน ( $P < 0.05$ ) ในการปรับปรุงความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ได้ใช้เกลือแคลเซียม 2 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตต ความเข้มข้น 0, 1.0 และ 2.0% (w/v) แช่ผลไม้ในสารละลาย 5 และ 10 นาที พบว่า ภาวะที่เหมาะสมของผลไม้ทั้ง 2 ชนิด คือ การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% นาน 10 นาที จากนั้นศึกษาการใช้น้ำเชื่อมเพื่อปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ โดยใช้น้ำเชื่อมเข้มข้น 0-300 กรัม/ลิตร รูปแบบการใช้น้ำเชื่อม 4 แบบ คือ แช่ผลไม้ในน้ำเชื่อม 10 นาที แล้วสะเด็ดน้ำเชื่อมนาน 1 นาที และผลไม้ในน้ำเชื่อมในอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างเนื้อต่อน้ำเป็น 2:1, 4:1 และ 6:1 พบว่า น้ำเชื่อมไม่ช่วยปรับปรุงรสชาติของเงาะและลิ้นจี่ ดังนั้นในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจึงใช้เฉพาะการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% นาน 10 นาที ขั้นตอนการแช่แข็ง พบว่า เวลาแช่แข็งเงาะจนมีอุณหภูมิสุดท้าย -18 องศาเซลเซียสด้วย plate freezer น้อยกว่า air blast freezer และลิ้นจี่ที่แช่แข็งด้วย cryogenic freezer มีเวลาแช่แข็งน้อยที่สุด ส่วนขั้นตอนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ศึกษาผลของเครื่องแช่แข็ง การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% และระยะเวลาเก็บ โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์ ผลไม้ที่แช่แข็งด้วย plate freezer มีคุณภาพดีกว่าผลไม้ที่แช่แข็งด้วย air blast freezer และผลไม้ที่แช่แข็งด้วย cryogenic freezer มีคุณภาพดีที่สุด การแช่ผลไม้ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินซีลดลง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หลังจากเก็บนาน 24 สัปดาห์ ส่วนลิ้นจี่ทั้งเปลือกแช่แข็งนั้นได้ศึกษาเวลาที่แช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริก 10% กรดแอสคอร์บิก 1% และน้ำตาลทราย 10% เพื่อรักษาสีแดงของเปลือกลิ้นจี่ ผลของเครื่องแช่แข็ง และระยะเวลาเก็บต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า เวลาที่แช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมที่เหมาะสมคือ 30 นาที ลิ้นจี่ทั้งเปลือกที่แช่แข็งด้วย cryogenic freezer มีคุณภาพดีกว่าลิ้นจี่ที่แช่แข็งด้วย air blast freezer และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หลังจากเก็บนาน 24 สัปดาห์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร  
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต *ศรีสุวรรณ แซ่เป้*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *ดร. รมณี สงวนดีกุล*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *ดร. สุวรรณ สกิมารส*

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว

SRISUWAN BAY : FREEZING OF ECONOMICALLY IMPORTANT THAI FRUITS.

THESIS ADVISOR: DR. ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D., ASSIST. PROF. DR.

SUWANNA SUBHIMAROS, Dr. Ing., 181pp., ISBN 974-578-523-7

The effects of preparation, freezing and frozen storage on the qualities of frozen fruits namely rambutan and lychee were studied. For seed-free fruits, browning inhibitors (0, 1.0, 2.0% citric acid and 0, 0.25, 0.50% ascorbic acid) and firming agents (0, 1.0, 2.0%  $\text{CaCl}_2$  and 0, 1.0, 2.0% Ca lactate) were used to treat the fruits before freezing. There was no difference in browning intensity between the control and the browning inhibitors-treated samples but the firming agents had significantly effect to the fruits firmness ( $P < 0.05$ ). The optimum condition to improve the firmness of fruits was dipping the fruits in 1.0%  $\text{CaCl}_2$  solution for 10 minutes. Dipping the fruits for 10 minutes in syrup (0-300g/l) and fruits in syrup with the ratio of 2:1, 4:1 and 6:1 had no effect on the acceptability score. Rambutan was frozen in both air blast and plate freezer. The freezing rate, expressed as the time taken for the center of rambutan to reach  $-18^\circ\text{C}$ , of air blast was longer than that of plate freezing. Lychee was frozen in air blast, cryogenic and plate freezer. Freezing by cryogenic freezer had the least freezing time. Rambutan frozen by plate freezer had better quality compared to those frozen by air blast freezer. Lychee frozen by cryogenic freezer had the best qualities. Dipping rambutan and lychee in 1.0%  $\text{CaCl}_2$  solution for 10 minutes improved the firmness of fruits but decreased the ascorbic acid content and flavor score. The effect of storage time (at  $-18^\circ\text{C}$ , 24 weeks) on the qualities of the products were examined. It was found that ascorbic acid content, firmness and acceptability score decreased with storage time.

In the case of whole lychee, the effects of freezing rate, dipping time in peel-colour-retention solution (10% citric acid, 1% ascorbic acid and 10% sucrose) and frozen storage were studied. Whole lychee were frozen in both air blast and cryogenic freezer. Air blast freezing had slow freezing rate compared to cryogenic freezing. The optimum dipping time for retention of the red colour of the peel was 30 mins. During storage, the product qualities and sensory scores were decreased but still in the acceptable level after 24 weeks.

ภาควิชา ..... เทคโนโลยีทางอาหาร

สาขาวิชา ..... เทคโนโลยีการอาหาร

ปีการศึกษา ..... 2533

ลายมือชื่อนิติ ..... ดร.สุวรรณา สุชน

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ดร. รอมานี สังกานเดกุล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... รอมานี สังกานเดกุล

### กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่ออาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุกุมารล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาด้านวิชาการตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย รวมทั้งการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์ และอาจารย์ ดร.สายวรุณี ชัยวานิชศิริ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งกรุณาให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อบริษัท ไทยอินดัสเตรียลแก๊ส จำกัด ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่อง cryogenic freezer และไนโตรเจนเหลว

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณมา ทุลย์ฉัญ และ บริษัทบูรพาห้องเย็น จำกัด ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่เก็บผลิตภัณฑ์ระหว่างการทดลอง

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนบางส่วนในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้านมาโดยตลอด

และสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ที่ให้ทุนช่วยเหลืองานวิจัยและให้กำลังใจ ทำให้สามารถทำงานสำเร็จได้ในที่สุด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
3. การทดลอง.....	26
4. ผลการทดลอง.....	41
5. วิจัยรณัผลการทดลอง.....	141
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	162
เอกสารอ้างอิง.....	166
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	170
ภาคผนวก ข.....	177
ประวัติผู้เขียน.....	181

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	สมบัติของเงาของแผ่นรูโรงเรียน.....41
4.2	เวลาที่ใช้แสงหนึ่งเงาของแผ่นรูโรงเรียนที่ผ่านการปกเปิดและคว้านเมล็ดแล้วด้วยเครื่องแช่แข็งชนิดต่าง ๆ กัน จนอุณหภูมิสุดท้ายของเงาเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส.....44
4.3	การเกิดสีน้ำตาลในเนื้อเงาโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เมื่อใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ความเข้มข้น เวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย และระยะเวลาที่ทิ้งให้เกิดสีน้ำตาลต่างกัน.....45
4.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อเงา เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก (A) ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก (B) เวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย (C) และระยะเวลาที่ทิ้งให้เกิดสีน้ำตาล (D).....46
4.5	ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของสารละลายที่สกัดจากเนื้อเงา เนื่องจากระยะเวลาที่ทิ้งให้เกิดสีน้ำตาล.....47
4.6	ความแน่นเนื้อของเงาแช่แข็งหลังละลายน้ำซึ่งผ่านการแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมที่ความเข้มข้นและเวลาที่ใช้แช่ในสารละลายต่างกัน.....48
4.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแน่นเนื้อของเงาแช่แข็งหลังละลายน้ำซึ่งเนื่องจากชนิดของเกลือแคลเซียม (A) ความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียม (B) และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย (C).....49
4.8	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาปกเปิดและคว้านเมล็ดแช่แข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันนาน 10 นาที.....51
4.9	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาปกเปิดและคว้านเมล็ดแช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงรสชาติด้วยน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน.....53
4.10	ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาแช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำเชื่อม (A) และรูปแบบการใช้ น้ำเชื่อม (B).....54



## ตารางที่

## หน้า

4.11	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางด้านรสหวานของเนื้อเงาะแช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำเชื่อม.....	54
4.12	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางด้านสีของเนื้อเงาะแช่แข็ง เนื่องจากรูปแบบการใช้ น้ำเชื่อม.....	55
4.13	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อเงาะแช่แข็ง เนื่องจากรูปแบบการใช้ น้ำเชื่อม.....	55
4.14	คุณภาพทางกายภาพของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....	57
4.15	ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางกายภาพของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....	58
4.16	ค่าเฉลี่ยของการสูญเสีย น้ำจากเนื้อเยื่อของเงาะแช่แข็งภายหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....	59
4.17	คุณภาพทางเคมีของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....	62
4.18	ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....	63
4.19	ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....	64
4.20	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....	69
4.21	ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....	70
4.22	ค่าเฉลี่ยของค่า Log ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....	71

ตารางที่

หน้า

4.23 ค่าเฉลี่ยของค่า  $\log$  ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเงาะแช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....71

4.24 ค่าเฉลี่ยของค่า  $\log$  ของจำนวนเชื้อราและยีสต์ในเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....72

4.25 ค่าเฉลี่ยของค่า  $\log$  ของจำนวนเชื้อราและยีสต์ในเงาะแช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....73

4.26 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาะแช่แข็งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ  $-18$  องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....75

4.27 ค่า  $F$  ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....76

4.28 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางรสชาติของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....77

4.29 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางลักษณะเนื้อสัมผัสของเงาะแช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....78

4.30 สมบัติของลีนัจ์พันธุ์โองฮวย.....80

4.31 เวลาที่ใช้แช่แข็งลีนัจ์พันธุ์โองฮวยที่ผ่านการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแล้วด้วยเครื่องแช่แข็งชนิดต่าง ๆ กัน จนอุณหภูมิสุดท้ายของลีนัจ์เท่ากับ  $-18$  องศาเซลเซียส.....84

4.32 เวลาที่ใช้แช่แข็งลีนัจ์พันธุ์โองฮวยทั้งเปลือกด้วยเครื่องแช่แข็งชนิดต่าง ๆ กัน จนอุณหภูมิสุดท้ายของลีนัจ์เท่ากับ  $-18$  องศาเซลเซียส.....84

4.33 การเกิดสีน้ำตาลในเนื้อลีนัจ์โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นต่างกัน เวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย และระยะเวลาที่ทิ้งให้เกิดสีน้ำตาลต่างกัน.....87

4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อลีนัจ์ เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก (A) เวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย (B) และระยะเวลาที่ทิ้งให้เกิดสีน้ำตาล (C).....88

## ตารางที่

หน้า

- 4.35 ค่าเฉลี่ยของค่าการคดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของสารละลาย  
ที่สกัดจากเนื้อลิ้นจี่ เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริก.....89
- 4.36 ความแน่นเนื้อของลิ้นจี่แช่แข็งหลังละลายน้ำแข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายเกลือ  
แคลเซียมที่ความเข้มข้นและเวลาที่แช่ในสารละลายต่างกัน.....90
- 4.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแน่นเนื้อของ ลิ้นจี่แช่แข็งภายหลังละลายน้ำ  
แข็งแล้ว เนื่องจากชนิดของเกลือแคลเซียม (A) ความเข้มข้นของสารละลาย  
เกลือแคลเซียม (B) และเวลาที่แช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายเกลือแคลเซียม (C).....91
- 4.38 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของลิ้นจี่แช่แข็งภายหลังละลายน้ำแข็งแล้ว เนื่องจาก  
ความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียม.....92
- 4.39 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของลิ้นจี่แช่แข็งภายหลังละลายน้ำแข็งแล้ว เนื่องจาก  
เวลาที่แช่ในสารละลาย.....92
- 4.40 คະแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของ เนื้อลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการแช่ใน  
สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และเวลาที่แช่ในสารละลาย  
ต่างกัน.....93
- 4.41 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส  
ของ เนื้อลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงความแน่นเนื้อด้วยสารละลายแคลเซียม  
คลอไรด์ที่มีความเข้มข้น (A) และเวลาที่แช่ในสารละลาย (B) ต่างกัน.....93
- 4.42 คະแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลิ้นจี่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ด  
แช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงรสชาติด้วยน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน.....94
- 4.43 คุณภาพทางกายภาพของลิ้นจี่แช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศา  
เซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....96
- 4.44 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางกายภาพของลิ้นจี่แช่แข็ง  
เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียม  
คลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....97
- 4.45 ค่าเฉลี่ยของการสูญเสีย น้ำจากเนื้อเยื่อของลิ้นจี่แช่แข็งหลังละลายน้ำแข็งเนื่องจาก  
ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....98
- 4.46 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของลิ้นจี่แช่แข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากชนิดของ  
เครื่องแช่แข็ง.....99

## ตารางที่

## หน้า

- 4.47 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของลีนจี้แช่แข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....99
- 4.48 คุณภาพทางเคมีของลีนจี้แช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....101
- 4.49 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....102
- 4.50 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....103
- 4.51 ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....103
- 4.52 ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีที่เหลือในลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....104
- 4.53 ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีที่เหลือในลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....104
- 4.54 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของลีนจี้แช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....107
- 4.55 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ของลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....108
- 4.56 ค่าเฉลี่ยของค่า  $\log$  ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....109
- 4.57 ค่าเฉลี่ยของค่า  $\log$  ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์.....109
- 4.58 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลีนจี้แช่แข็งภายหลังจากน้ำแข็งละลาย เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....114
- 4.59 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลีนจี้แช่แข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....115

ตารางที่

หน้า

4.60 คุณภาพทางกายภาพของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....121

4.61 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางกายภาพของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) เวลาที่ใช้แช่ลีนัจ์ในสารละลายผสม (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....123

4.62 คุณภาพทางเคมีของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....126

4.63 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) เวลาที่ใช้แช่ลีนัจ์ในสารละลายผสม (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....128

4.64 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....129

4.65 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากเวลาที่แช่ในสารละลายผสม.....130

4.66 ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของเนื้อลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากเวลาที่แช่ในสารละลายผสม.....130

4.67 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างกัน.....133

4.68 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง (A) เวลาที่ใช้แช่ลีนัจ์ในสารละลายผสม (B) และระยะเวลาเก็บ (C).....135

4.69 คะแนนเฉลี่ยของลิเปลือกของลีนัจ์ชั้นหนึ่ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่แข็ง.....136

4.70 คะแนนเฉลี่ยของลิเปลือกของลีนัจ์ชั้นหนึ่ง เนื่องจากเวลาที่แช่ลีนัจ์ในสารละลายผสม.....136

4.71 คะแนนเฉลี่ยของลิเนื้อของลีนัจ์ทั้งเปลือกชั้นหนึ่ง เนื่องจากเวลาที่แช่ลีนัจ์ในสารละลายผสม.....137

## ตารางที่

## หน้า

- 4.72 คະแนนเจ็ลลี่ยองกลีนของคีนจ้ท้งเปลือกแซ่แซ็ง เนื่องจากเวลาที่ใช้แซ่ลีนจ้ใน  
สารละลายผสม.....138
- 4.73 คະแนนเจ็ลลี่ยองลักษณะเนือส่มผัดของคีนจ้ท้งเปลือกแซ่แซ็ง เนื่องจากเวลาที่ใช้  
แซ่ลีนจ้ในสารละลายผสม.....139

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	โครงสร้างของโมเลกุลเพคติน ..... 8
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในขณะแช่แข็ง..... 22
3.1	Air blast freezer..... 29
3.2	Plate freezer..... 30
3.3	Cryogenic freezer..... 31
3.4	Still air freezer..... 32
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในเงาะปอกเปลือกและคว้านเมล็ด ที่แช่แข็งด้วย air blast freezer..... 42
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในเงาะปอกเปลือกและคว้านเมล็ด ที่แช่แข็งด้วย plate freezer..... 43
4.3	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเกลือแคลเซียมและความเข้มข้นของ สารละลายเกลือแคลเซียมต่อความแน่นเนื้อของเงาะแช่แข็ง..... 50
4.4	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมและเวลา ที่ใช้แช่ในสารละลายต่อความแน่นเนื้อของเงาะแช่แข็ง..... 50
4.5	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและระยะเวลาเก็บต่อการ สูญเสียน้ำหนักของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 59
4.6	ผลของระยะเวลาเก็บต่อการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อของเงาะแช่แข็งหลังละลาย น้ำแข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 60
4.7	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และ ระยะเวลาแช่แข็งต่อความแน่นเนื้อของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 60
4.8	ผลของระยะเวลาเก็บต่อปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บ ผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 65
4.9	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและความเข้มข้นของสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของเงาะแช่แข็ง เมื่อ เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์ ..... 65

รูปที่	หน้า
4.10 ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและระยะเวลาเก็บต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	66
4.11 ผลของชนิดของเครื่องแช่แข็งต่อระดับการเกิดสีน้ำตาลในเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์.....	66
4.12 ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาเก็บต่อระดับการเกิดสีน้ำตาลในเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	67
4.13 ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาเก็บต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือในเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	67
4.14 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า $\log$ ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	72
4.15 ผลของระยะเวลาเก็บต่อค่า $\log$ ของจำนวนเชื้อราและยีสต์ในเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	73
4.16 ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาเก็บต่อปริมาณโคลิฟอร์ม์ในเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	74
4.17 ผลของระยะเวลาเก็บต่อคะแนนการยอมรับทางด้านสีของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	77
4.18 ผลของระยะเวลาเก็บต่อคะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	78
4.19 ผลของระยะเวลาเก็บต่อคะแนนการยอมรับทางลักษณะเนื้อสัมผัสของเงาะแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	79
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในลิ้นจี่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดที่แช่แข็งด้วย air blast freezer.....	81
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในลิ้นจี่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดที่แช่แข็งด้วย cryogenic freezer.....	82



รูปที่	หน้า
4.44	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและเวลาที่แช่ลีนจี้ในสารละลายผสมต่อการสูญเสียน้ำหนักของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์..... 124
4.45	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างเวลาที่แช่ลีนจี้ในสารละลายผสมและระยะเวลาเก็บต่อการสูญเสียน้ำหนักของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 124
4.46	ผลของระยะเวลาเก็บต่อความแน่นเนื้อของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 125
4.47	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและระยะเวลาที่แช่ในสารละลายผสมต่อความเป็นกรด-ด่างของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์..... 129
4.48	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและเวลาที่แช่ลีนจี้ในสารละลายผสมต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือในลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์..... 131
4.49	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและระยะเวลาเก็บต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือในลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 131
4.50	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างเวลาที่แช่ในสารละลายผสมและระยะเวลาเก็บต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือในลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 132
4.51	ผลของระยะเวลาเก็บต่อคะแนนการยอมรับทางด้านสีของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 137
4.52	ผลของระยะเวลาเก็บต่อคะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส..... 138
4.53	ผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของเครื่องแช่แข็งและเวลาที่แช่ในสารละลายผสมต่อคะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติของลีนจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์..... 139

รูปที่

หน้า

- 4.54 ผลของระยะเวลาเก็บต่อคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของดินนี้ทั้ง  
เปลือกชั้นแข็ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....140