การแช่เยือกแข็งชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์

นางสาวศุลีพร ศรีพัฒนะพิพัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-322-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FREEZING OF SLICED MANGOES *Mangifera indica* L. var. NAM DOKMAI AND CHOK ANANT

Miss Suleeporn Sripattanapipat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1997

ISBN 974-637-322-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแช่เยือกแข็งชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์
โดย	นางสาวศุลีพร ศรีพัฒนะพิพัฒน์
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ศุลีพร ศรีพัฒนะพิพัฒน์ : การแช่เยือกแข็งชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์ (FREEZING OF SLICED MANGOES *Mangifera indica* L. var. NAM DOKMAI AND CHOK ANANT.) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.รมณี สงวนดีกุล ,168 หน้า. ISBN 974-637-322-6.

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีผลิตมะม่วงชิ้นแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมโดยใช้มะม่วงน้ำดอกไม้ขนาด 300-350 กรัมต่อผล และมะม่วงโชคอนันต์ขนาด 250-300 กรัมต่อผล ที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.01-1.03 ปอกเปลือก ฝานเป็น 2 ชิ้น นำมาแช่ในสารละลายยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยใช้กรดซิตริก 0 0.50 และ 1.00 %(W/V) ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก 0 0.25 และ 0.50 %(W/V) และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย 5 และ 10 นาที พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล คือ แช่ชิ้นมะม่วงในสารละลายผสมของกรดซิตริก 0.50 % กับกรดแอสคอร์บิก 0.25 % นาน 5 นาที และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลระหว่างกรดแอสคอร์บิกกับกรดอิริทอร์บิก พบว่า กรดทั้ง 2 ชนิด สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นขั้นตอนยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อไปจึงใช้กรดอิริทอร์บิกซึ่งราคาถูกกว่า จากนั้นศึกษาผลของระดับความสุกของมะม่วงโดยใช้มะม่วงที่บ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อุณหภูมิห้อง (30^{0}C) นาน 3 และ 4 วัน แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0 1.0 และ 2.0 % (W/V) และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย 10 และ 20 นาที พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ที่บ่มนาน 3 วัน เมื่อนำมาแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์จะมีความแน่นเนื้อและคะแนนทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่ามะม่วงที่บ่มนาน 4 วัน ส่วนมะม่วงโชคอนันต์ที่บ่มนาน 3 และ 4 วัน เมื่อนำมาแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ต่างกัน ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมมะม่วงด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนแช่เยือกแข็งของมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ คือ แช่ชิ้นมะม่วงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.0 % นาน 10 นาที เมื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการแช่เยือกแข็ง พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมของการแช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer คือ -90^{0}C ส่วนเวลาที่ใช้แช่เยือกแข็ง พบว่า การแช่เยือกแข็งด้วย air blast freezer ใช้เวลานานกว่า cryogenic freezer

การศึกษาผลของชนิดเครื่องแช่เยือกแข็ง 2 ชนิด คือ air blast freezer และ cryogenic freezer การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็งในสารละลายผสมของกรดซิตริกกับกรดอิริทอร์บิก แล้วแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ตามภาวะที่คัดเลือกแล้วข้างต้น ผลิตภัณฑ์บรรจุแบบสุญญากาศในถุง Nylon/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18^{0}C นาน 25 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer จะสูญเสียน้ำหนักหลังละลายน้ำแข็งและเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า มีความแน่นเนื้อ ปริมาณวิตามินซี คะแนนด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast freezer ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเตรียมด้วยภาวะที่เหมาะสมข้างต้นก่อนแช่เยือกแข็ง จะสูญเสียน้ำหนักหลังละลายน้ำแข็งและเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า แต่จะสูญเสียกรด น้ำตาล และวิตามินซีมากกว่าผลิตภัณฑ์ควบคุม เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลง โดยเฉพาะวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์จะลดลง 85 % และ 78 % ตามลำดับ ส่วน β-carotene ในมะม่วงน้ำดอกไม้และโชคอนันต์จะลดลง 14 % และ 13 % ตามลำดับ การยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 25 สัปดาห์ คะแนนด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมจะลดลง แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนคะแนนด้านกลิ่นรสไม่เปลี่ยนแปลง

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ..... **ลายมือชื่อนิสิต** ศุลีพร ศรีพัฒนะพิพัฒน์

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ..... **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** .....

ปีการศึกษา 2540 ..... **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวเพียงแผ่นเดียว

C727346 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD:
MANGOES / FREEZING / AIR BLAST / CRYOGENIC

SULEEPORN SRIPATTANAPIPAT : FREEZING OF SLICED MANGOES *Mangifera indica* L. var. NAM DOKMAI AND CHOK ANANT. THESIS ADVISOR : DR.ROMANEE SANGUANDEEKUL,Ph.D. 168 pp. ISBN 974-637-322-6.

The effects of preparation, type of freezer and frozen storage on the quality of sliced mangoes were studied. Two varities of mangoes, NAM DOKMAI (300-350 grams/fruit) and CHOK ANANT (200- 250 grams/fruit) were used. The mongoes with optimum maturity selected by using specific gravity of 1.01-1.03 were peeled and sliced in halves,dipped in antibrowning agent (citric acid at 0, 0.50, 1.00 % and ascorbic acid at 0 , 0.25 , 0.50 %) for 5 and 10 minutes. The optimum condition to inhibit browning was dipping the mangoes in the mixture of 0.5 % citric acid and 0.25 % ascorbic acid for 5 minutes. The efficiency of antibrowning agent of ascorbic acid and erythorbic acid was compared. It revealed that they both had the same efficiency. So, erythorbic acid was selected as it was cheaper. The mangoes were incubated at room temperature (30 ^{0}C) in the environment of calcium carbide for 3 and 4 days, then dipped in $CaCl_2$ solution (0 , 1.0 and 2.0 %) for 10 and 20 minutes before freezing. It was found that 3-days incubated NAM DOKMAI had higher firmness and better texture than the 4-days incubated ones. While CHOK ANANT could be incubated for 3 or 4 days without changing in qualites. Optinum condition for $CaCl_2$ treatment before freezing in both mangoes varieties was dipping sliced mangoes in 1.0 % $CaCl_2$ for 10 minutes. The optimum freezing temperature by cryogenic freezer was at -90 ^{o}C. The freezing time by air blast freezer was longer than cryogenic freezer

Type of freezer (air blast freezer, cryogenic freezer) treatment of mangoes with antibrowning agent and $CaCl_2$, vacuum packing in Nylon/LLDPE and storage at -18 ^{o}C for 25 weeks were studied and compared with the control samples. It was found that freezing by cryogenic freezer resulted in less thawing loss and browning but higher in values of firmness, vitamin C content , colour, texture and overall acceptability scores than freezing by air blast freezer. Treatment of mangoes at optimum condition before freezing resulted in less thawing loss and browning but higher loss of acid , sugar and vitamin C than the control samples. The qualities of mangoes decreased during frozen storage. After storage for 25 weeks , vitamin C content of NAM DOKMAI and CHOK ANANT decreased 85 % and 75 % respectively , while β-carotene decreased 14 %and 13 % respectively. Flavour score did not change , while colour, texture and overall acceptabity scores of the products decreased but the sensory qualities were still in acceptable level.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต สุลีพร ศรีพัฒนะปิพัฒน์

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [illegible]

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อ บริษัท บางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่อง cryogenic freezer และไนโตรเจนเหลว

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อ บริษัท สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน) ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัสดุบรรจุผลิตภัณฑ์

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อ บริษัท นาซ่า แลบ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กรดอิริทอร์บิก สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนบางส่วนในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือทุก ๆ ด้านมาโดยตลอด

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ขอขอบพระคุณพี่ ๆ และขอขอบคุณน้อง ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านจนสามารถทำงานวิจัยนี้ได้สำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ต

บทที่

1. บทนำ 1
2. วารสารปริทัศน์ 3
3. การทดลอง 25
4. ผลการทดลอง 35
5. วิจารณ์ผลการทดลอง 121
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 138

รายการอ้างอิง 140

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 145

ภาคผนวก ข 146

ภาคผนวก ค 150

ภาคผนวก ง 157

ภาคผนวก จ 158

ประวัติผู้เขียน 168

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของมะม่วงบางพันธุ์ 6

2.2 ความถ่วงจำเพาะ การจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกของมะม่วงบางพันธุ์ 7

2.3 การแบ่งขนาดของผลมะม่วงบางพันธุ์โดยอาศัยน้ำหนัก 9

4.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระยะเวลาบ่มต่างกัน 35

4.2 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระยะเวลาบ่มต่างกัน 36

4.3 สมบัติของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บ่มนาน 3 วัน 37

4.4 เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน 40

4.5 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน 40

4.6 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน 41

4.7 ระดับการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เมื่อใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ความเข้มข้นและเวลาที่ใช้ในสารละลายต่างกัน 42

4.8 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก (A) ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก (B) และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย (C) 43

4.9 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งเมื่อใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลชนิดและความเข้มข้นต่างกัน 45

4.10 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก (A) และความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก (B) 45

ตารางที่ หน้า

4.11 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก 46
4.12 ระดับการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งเมื่อใช้ชนิดของกรดต่างกัน 47
4.13 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อใช้กรดอิริทอร์บิกหรือกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นเท่ากัน ร่วมกับกรดซิตริก ความเข้มข้นต่างกัน 48
4.14 ความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อใช้มะม่วงที่ระดับความสุกต่างกัน แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลายต่างกัน 49
4.15 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากระดับความสุกของมะม่วง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย (C) 50
4.16 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากระดับความสุกของมะม่วง 51
4.17 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 51
4.18 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อใช้มะม่วงที่มีระดับความสุกต่างกัน ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลายต่างกัน 52
4.19 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากความสุกของมะม่วง (A) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (B) และเวลาแช่ในสารละลาย (C) 53
4.20 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากระดับความสุกของมะม่วง 54
4.21 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 54
4.22 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 56

ตารางที่ หน้า

4.23 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางกายภาพของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 57
4.24 ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำหนักหลังละลายน้ำแข็งของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็งต่างกัน 58
4.25 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 59
4.26 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็งต่างกัน 59
4.27 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (กรดซิตริก) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 62
4.28 ระดับการเกิดสีน้ำตาล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ปริมาณวิตามินซี และปริมาณ β-carotene ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 63
4.29 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 64
4.30 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดด่างปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 65
4.31 ค่าเฉลี่ยของระดับการเกิดสีน้ำตาล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 66
4.32 ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีที่เหลือในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 67
4.33 ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีที่เหลือในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 67

ตารางที่ หน้า

4.34 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 70
4.35 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 71
4.36 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 72
4.37 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 72
4.38 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนยีสต์และราในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 73
4.39 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนยีสต์และราในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 74
4.40 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 76
4.41 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 77
4.42 คะแนนเฉลี่ยด้านสีของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 78
4.43 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 79
4.44 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 79
4.45 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมะม่วงโชคอนันต์ที่ระยะเวลาบ่มต่างกัน 82
4.46 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะม่วงโชคอนันต์ที่ระยะเวลาบ่มต่างกัน 83
4.47 สมบัติของมะม่วงโชคอนันต์ที่บ่มนาน 3 วัน 84

ตารางที่ หน้า

4.48 เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งชิ้นมะม่วงโชคอนันต์ด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน 87
4.49 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน 87
4.50 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งต่างกัน 88
4.51 ระดับการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เมื่อใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลชนิด ความเข้มข้น และเวลาที่ใช้ในสารละลายต่างกัน 89
4.52 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก (A) ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก (B) และเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย (C) 90
4.53 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็งเมื่อใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและความเข้มข้นต่างกัน 92
4.54 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก (A) และความเข้มข้นของกรดอิริทอร์บิก (B) 92
4.55 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับด้านสี รสชาติ และความชอบรวมของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากความเข้มข้นของกรดซิตริก 93
4.56 ความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อใช้มะม่วงที่ระดับความสุกต่างกัน 94
4.57 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็งเมื่อใช้มะม่วงที่มีระดับความสุกต่างกัน 94
4.58 คุณภาพทางกายภาพของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็งเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 96
4.59 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางกายภาพของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 97

ตารางที่ หน้า

4.60 ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำหนักหลังละลายน้ำแข็งของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เมื่อเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็งต่างกัน 98
4.61 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 99
4.62 ค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็งหลังละลายน้ำแข็ง เมื่อเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็งต่างกัน 99
4.63 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (กรดซิตริก) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 102
4.64 ระดับการเกิดสีน้ำตาล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ปริมาณวิตามินซี และปริมาณ β-carotene ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 103
4.65 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 104
4.66 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 105
4.67 ค่าเฉลี่ยของระดับการเกิดสีน้ำตาล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 106
4.68 ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีที่เหลือในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง 107
4.69 ค่าเฉลี่ยของปริมาณวิตามินซีที่เหลือในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง 107
4.70 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของชิ้นมะม่วงน้ำโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 110

ตารางที่ หน้า

4.71 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางจุลินทรีย์ ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 111
4.72 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง..... 112
4.73 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง..... 112
4.74 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนยีสต์และราในชิ้นมะม่วงน้ำโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง..... 113
4.75 ค่าเฉลี่ยของค่า log ของจำนวนยีสต์และราในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง..... 114
4.76 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน 116
4.77 ค่า F ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง (A) การเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง (B) และระยะเวลาเก็บ (C) 117
4.78 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็ง..... 118
4.79 คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง เนื่องจากการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็ง..... 118

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 air blast freezer 28

3.2 cryogenic freezer 28

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast freezer 38

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิ -70 -90 และ -110 องศาเซลเซียส 39

4.3 ผลของอิทธิพลร่วมกระหว่างความเข้มข้นของกรดซิตริกและความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่มีต่อระดับการเกิดสีน้ำตาล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 44

4.4 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ ที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังละลายน้ำแข็งของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 58

4.5 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 60

4.6 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการเตรียมมะม่วงแช่เยือกแข็ง และระยะเวลาเก็บที่มีต่อระดับการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 66

4.7 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 68

4.8 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อปริมาณ β-carotene ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 68

4.9 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อค่า log ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 73

4.10 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อค่า log ของจำนวนยีสต์และราของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 74

4.11 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการเตรียมมะม่วงก่อนแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บที่มีต่อคะแนนการยอมรับด้านสีของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 78

4.12 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อคะแนนการยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้แช่เยือกแข็ง 80

4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์ที่แช่เยือกแข็งด้วย air blast freezer 85

รูปที่ หน้า

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์ที่แช่เยือกแข็งด้วย cryogenic freezer ที่อุณหภูมิ -70 -90 และ -110 องศาเซลเซียส 86
4.15 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของกรดซิตริกและความเข้มข้นของกรดอิริทอร์บิกที่มีต่อระดับการเกิดสีน้ำตาล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 91
4.16 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของเครื่องแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ ที่มีต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังละลายน้ำแข็งของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 98
4.17 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 100
4.18 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างการเตรียมมะม่วงแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ ที่มีต่อระดับการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 106
4.19 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง . 108
4.20 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อปริมาณ β-carotene ของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง . 108
4.21 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อค่า log ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 113
4.22 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อค่า log ของจำนวนยีสต์และราของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 114
4.23 ผลของระยะเวลาเก็บที่มีต่อคะแนนการยอมรับด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมของชิ้นมะม่วงโชคอนันต์แช่เยือกแข็ง 119