

การผลิตแครอทและบรอกโคลีแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง  
แบบพ่นลมและโครโอซีนิก

นางสาว อภาพรรณ ปัตตะแว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา พ.ศ.2539

ISBN 974-636-642-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF FROZEN CARROT AND BROCCOLI BY  
AIR BLAST AND CRYOGENIC FREEZING

MISS APAPUN PATTAWAEW

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974-636-642-4



## พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อาภาพรรณ ปัตตะแวว : การผลิตแครอทและบรอกโคลีแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งแบบ  
พ่นลมและโครโอจีนิก (Production of frozen carrot and broccoli by air blast and cryogenic freezing )  
อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุวรรณมา สุภิमारส, 132 หน้า. ISBN 974-636-642-4

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแครอทและบรอกโคลีก่อนนำเข้าสู่แช่เยือกแข็ง รวมทั้ง  
ศึกษาผลของวิธีแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ ติดตามผลโดยวิเคราะห์ทางกายภาพ  
เคมี จุลินทรีย์ และประเมินผลทางประสาทสัมผัส

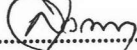

จากการศึกษาพบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบก่อนนำเข้าสู่แช่เยือกแข็ง คือลวกแครอท  
ด้วยไอน้ำ 3 นาที และแช่  $\text{CaCl}_2$  0.5% 30 นาที สำหรับบรอกโคลี ลวกในน้ำเดือดที่มีการเติม  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  0.05%  
2 และ 3 นาที สำหรับส่วนดอกและก้าน ตามลำดับ อุณหภูมิที่เหมาะสมในวิธีแช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิกด้วย  
ไอไนโตรเจนเหลว คือ  $-90, -70^\circ\text{C}$  สำหรับแครอทและบรอกโคลี ตามลำดับ และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่  $-18^\circ\text{C}$  เป็น  
เวลา 24 สัปดาห์ พบว่าแครอทที่แช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิก จะมีค่า %thawing loss ต่ำกว่า ความแน่นเนื้อ  
และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมสูงกว่าวิธี Air Blast ที่  $-38^\circ\text{C}$  เมื่อ  
อายุการเก็บรักษานานขึ้น %thawing loss มีค่าเพิ่มขึ้น ความแน่นเนื้อและคะแนนเฉลี่ยการประเมินทางประสาท  
สัมผัสทุกด้านลดลง ในสัปดาห์ที่ 24 พบว่าแครอทที่บรรจุแบบ vacuum จะมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ  
มากกว่าการบรรจุแบบ non-vacuum และแครอทที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธีโครโอจีนิก ผู้บริโภคยังให้ความยอมรับมาก  
กว่าแครอทที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี Air Blast ( $p \leq 0.05$ ) การศึกษาโครงสร้างแครอทด้วย SEM พบว่า ผังเซลล์  
แครอทเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดจากผลของการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา ส่วนบรอกโคลี พบว่า  
บรอกโคลีที่แช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิก มีผลให้ค่า %thawing loss ไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะ  
ปรากฏและเนื้อสัมผัสของดอกและการยอมรับรวมสูงกว่าบรอกโคลีที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี Air Blast และเมื่ออายุการ  
เก็บรักษานานขึ้น คะแนนเฉลี่ยด้านต่างๆลดลงยกเว้นคะแนนเฉลี่ยสีของส่วนดอก ในสัปดาห์ที่ 24 ผู้ทดสอบ  
สามารถรับรู้กลิ่นรสที่แปลกปลอมได้เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) การวิเคราะห์ทางเคมีแสดงว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนใน  
แครอทและปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนดอกของบรอกโคลี ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ทางด้าน  
จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งด้วยวิธี Air Blast มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด  
ยีสต์และรา น้อยกว่าผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งด้วยวิธีโครโอจีนิก และเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์  
ทั้งหมด ยีสต์และรา มีปริมาณลดลง

ภาควิชา .....เทคโนโลยีทางอาหาร.....

สาขาวิชา .....เทคโนโลยีทางอาหาร.....

ปีการศึกษา ..... 25 39 .....

ลายมือชื่อนิติบัตร .....  .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....   .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... - .....

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

## C627067 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: CARROT / BROCCOLI / AIR BLAST / CRYOGENIC / FREEZING

APAPUN PATTAWAEW : PRODUCTION OF FROZEN CARROT AND BROCCOLI BY AIR BLAST AND CRYOGENIC FREEZING. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUWANNA SUBHIMAROS, Dr.Ing. 132 pp. ISBN 974-636-642-4.

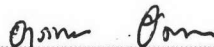
The optimum conditions for the preparation of carrot and broccoli, effect of freezing methods and frozen storage were studied. Physical, chemical, microbiological, and sensory evaluation were carried out for the results.

Died carrots were blanched with steam for 3 minutes soaked in 0.5 %  $\text{CaCl}_2$  for 30 minutes, cut broccoli was blanched in 0.05%  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  solution for 2 and 3 minutes for its floret and stem respectively. The appropriate temperature of cryogenic freezing by liquid nitrogen was found to be at  $-90$  and  $-70^\circ\text{C}$  for carrot and broccoli respectively. The results of frozen storage at  $-18^\circ\text{C}$  for 24 weeks showed that there was less %thawing loss after thawing frozen carrot by cryogenic freezing than by air blast freezing at  $-38^\circ\text{C}$ , higher in texture firmness and sensory scores. As storage time, %thawing loss was increased while firmness and all sensory scores were decreased. At the 24<sup>th</sup> wk of storage, it was found that vacuum-packed carrot had more appearance scores than non-vacuum packed carrot. Panelists still accepted product frozen by cryogenic freezing more than those by air blast freezing ( $p \leq 0.05$ ). The scanning electronmicroscopy study showed distinct changes in cell wall materials resulting from freezing process and frozen storage. For broccoli, %thawing loss was not significantly different from different freezing methods, but appearance scores and texture scores in floret part were higher than air blast's. When the storage was longer, all characteristic scores were decreased except the colour of floret part. At the 24<sup>th</sup> wk of storage, panelists could detect some off flavour ( $p \leq 0.05$ ). The chemical analysis revealed that  $\beta$ - carotene content in carrot and chlorophyll content in floret part of broccoli were quite stable during storage time. Product frozen by air blast had less total microbial, yeast and mold count than cryogenic's, they were decreased as storage time increased.

ภาควิชา.....เทคโนโลยีการงานนาร

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีการงานนาร

ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ สุภิมาธ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัยด้วยดี รวมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธีญพิทยากุล ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์ และคุณประยุทธ์ นพรัตน์วงศ์ วิศวกรด้าน Commercial Technology บริษัทบางกอกอินดรัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่ได้สละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้มีส่วนสนับสนุนงานวิจัยนี้ คือ

ผศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่าย และเทคโนโลยีทางการพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องวัดสี

บริษัทบางกอกอินดรัสเทรียลแก๊ส จำกัด เป็นผู้ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์แช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิคไนโตรเจนเหลว และเงินทุนสนับสนุนบางส่วน

บริษัทจาร์พา เทคโนโลยี จำกัด ผู้ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser)

บัณฑิตวิทยาลัย แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ให้เงินทุนวิจัย  
ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณคุณนิตานารถ กระแสร์ชด ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลืองานด้านการพิมพ์ ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อน น้องๆ และเจ้าหน้าที่ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและพี่สาว ซึ่งให้โอกาส กำลังใจและช่วยเหลือทุกอย่างแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ฑ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. วารสารปริทัศน์ .....	3
3. วัตถุประสงค์ และวิธีการ .....	17
4. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย .....	21
5. ผลการทดลอง .....	28
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง .....	84
7. สรุปผลการทดลอง .....	103
รายการอ้างอิง .....	105
ภาคผนวก	
ก .....	110
ข .....	128
ประวัติผู้เขียน .....	132

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในแครอทส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม .....	4
2.2	ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในบรอกโคลีส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม .....	8
2.3	Substrate ที่ใช้ในปฏิกิริยา peroxidase-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	9
2.4	คุณสมบัติของสารให้ความเย็น .....	15
5.1	Peroxidase test และ °Brix ของน้ำลวกในการลวกแครอทด้วยวิธีการ ต่างกัน .....	28
5.2	Peroxidase test ในแครอทหลังผ่านการลวกด้วยไมโครเวฟ .....	29
5.3	yield ของแครอทหลังการลวกและทำให้เย็น โดยแปรวิธีลวก .....	30
5.4	ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของแครอทที่ผ่านวิธีลวกที่แตกกันและแช่ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ .....	30
5.5	การวิเคราะห์การแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อของแครอท แปรวิธีลวกและ ความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ .....	31
5.6	การเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของแครอท แปรวิธีลวกและความเข้มข้น แคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลวิธีลวก .....	31
5.7	การเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อของแครอท แปรวิธีลวกและความเข้มข้น แคลเซียมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของแคลเซียมคลอไรด์ .....	32
5.8	ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของแครอทเมื่อผ่าน การลวกด้วยวิธีต่างกันและแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆ .....	33
5.9	การวิเคราะห์การแปรปรวนค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) ของแครอท แปรวิธีลวกและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ ...	33
5.10	ความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของแครอท แปรวิธีลวก ต่างกันและความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์ต่างๆ เมื่อพิจารณาเฉพาะ อิทธิพลวิธีลวก .....	34



ตารางที่	หน้า
5.11	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของแครอทที่ผ่านการลวก.ต่างกันและแช่เคลเชื่อมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน (คะแนนเต็ม 15 คะแนน , การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) ..... 35
5.12	การวิเคราะห์การแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอท แปรวิธีลวกและความเข้มข้นเคลเชื่อมคลอไรด์ต่างๆ ..... 35
5.13	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพด้านสีของแครอท แปรวิธีลวกและความเข้มข้นเคลเชื่อมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลวิธีลวก ..... 36
5.14	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพด้านกลิ่นรสของแครอท แปรวิธีลวกและความเข้มข้นเคลเชื่อมคลอไรด์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลความเข้มข้นเคลเชื่อมคลอไรด์ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน) ..... 37
5.15	เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งแครอทลูกเต๋ำ ด้วย Air Blast Freezer ..... 38
5.16	เวลาที่ใช้แช่เยือกแข็งแครอทลูกเต๋ำ ด้วยไฮโดรเจนเหลว แปรอุณหภูมิของ chamber ที่ใช้แช่เยือกแข็ง ..... 38
5.17	ปริมาณการใช้ไฮโดรเจนและปริมาณความร้อนที่ถูกกำจัดออกในการแช่เยือกแข็งแครอท ..... 41
5.18	Freezing loss, Thawing loss และ ค่าความแน่นเนื้อของแครอทที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไฮโดรเจน แปรอุณหภูมิของ chamber แช่เยือกแข็งต่างกัน .. 41
5.19	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไฮโดรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 15 , การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) ..... 42
5.20	%Thawing loss ของแครอท แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษาต่างกัน ..... 44
5.21	การวิเคราะห์ความแปรปรวน %thawing loss ของแครอท แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีการบรรจุและการเก็บรักษาต่างกัน ..... 45
5.22	% Thawing loss ของแครอทแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ เมื่อพิจารณาเฉพาะร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ ..... 46
5.23	% Thawing loss ของแครอทแช่เยือกแข็ง แปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีการบรรจุและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมวิธีการแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา ..... 47

ตารางที่		หน้า
5.24	ค่าความแน่นเนื้อของแครอท แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษาต่างกัน .....	48
5.25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแน่นเนื้อของแครอท แปรรูปวิธีการแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและการเก็บรักษาต่างกัน .....	49
5.26	ค่าความแน่นเนื้อของแครอทแช่เยือกแข็ง แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมวิธีแช่เยือกแข็งและวิธีบรรจุ .....	49
5.27	ค่าความแน่นเนื้อของแครอทแช่เยือกแข็ง แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา ....	50
5.28	ปริมาณ $\beta$ -carotene ที่มีในแครอท แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา .....	54
5.29	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครอท แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษาต่าง ๆ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) .....	55
5.30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา.....	56
5.31	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของแครอท เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมของวิธีบรรจุและอายุการเก็บรักษา ..	57
5.32	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของแครอท แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) .....	58
5.33	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเนื้อสัมผัสของแครอท แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาอิทธิพลเฉพาะของวิธีการแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) .....	58
5.34	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของแครอท แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษาต่าง ๆ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมของวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) .....	59

ตารางที่	หน้า
5.35 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของแครอทแช่เยือกแข็ง แปรวิธี แช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และอายุการเก็บรักษา .....	60
5.36 Peroxidase test และ ° Brix ในน้ำที่ใช้ลวก ในบรอกโคลีที่ลวกด้วยวิธีต่างกัน ...	62
5.37 % yield ของบรอกโคลีหลังจากการลวกและทำให้เย็น เมื่อแปรวิธีลวก ต่างกัน .....	63
5.38 pH ของบรอกโคลีที่ผ่านวิธีลวกและใช้ระดับความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ที่แตกต่างกัน .....	64
5.39 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนของดอกของบรอกโคลี แปรวิธีลวกและระดับ ความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ .....	65
5.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนของดอกของ บรอกโคลี แปรวิธีลวกและระดับความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ .....	65
5.41 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนของดอกของบรอกโคลี แปรวิธีลวกและระดับ ความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ...	66
5.42 ค่าสีของส่วนของดอกบรอกโคลีที่ผ่านการลวกด้วยวิธี ต่างกันและเติม $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ในน้ำลวกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ .....	67
5.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีความสว่าง (L) สีเขียว ( $-a^*$ ) และ สีเหลือง ( $b^*$ ) ในส่วนของดอกของบรอกโคลี แปรวิธีลวกและระดับความ เข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ .....	68
5.44 ค่าความมีสีเขียว ( $-a^*$ ) ของส่วนของดอกบรอกโคลี แปรวิธีลวกและระดับความ เข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีลวก .....	68
5.45 ค่าความมีสีเขียว ( $-a^*$ ) ของส่วนของดอกบรอกโคลี แปรวิธีลวกและระดับความ เข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ..	69
5.46 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอกโคลีที่ผ่าน การลวก ด้วยวิธีต่างกัน และเติม $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ในน้ำลวกที่ระดับความเข้มข้น ต่างๆ (คะแนนเต็ม 15 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) .....	69
5.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาท สัมผัสของบรอกโคลีที่ผ่านการลวกด้วยวิธีต่างกันและเติม $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ในน้ำลวกที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน .....	70

ตารางที่	หน้า	
5.48	คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของส่วนดอกและก้านบรอกโคลี แปรรูปวิธีลวกและระดับความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ เมื่อพิจารณาเฉพาะระดับ ความเข้มข้น $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) .....	70
5.49	เวลาที่แช่เยือกแข็งบรอกโคลีด้วยไอน้ำในโตรเจนเหลว แปรรูปหนุมิใน chamber ที่แช่เยือกแข็ง .....	74
5.50	ปริมาณไนโตรเจนเหลวที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งบรอกโคลีและปริมาณ ความร้อนที่ถูกกำจัดออก .....	74
5.51	Freezing loss และ Thawing loss ของบรอกโคลีที่แช่เยือกแข็งด้วยไอน้ำ ในโตรเจนเหลว แปรรูปหนุมิแช่เยือกแข็ง .....	75
5.52	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอกโคลีที่ แช่เยือกแข็งด้วยไอน้ำในโตรเจนเหลว แปรรูปหนุมิแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 15 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) .....	76
5.53	% Thawing loss ของบรอกโคลีแช่เยือกแข็ง แปรรูปวิธีการแช่เยือกแข็งและ อายุการเก็บรักษา .....	77
5.54	การวิเคราะห์ความแปรปรวน %thawing loss ของบรอกโคลี แปรรูปวิธีแช่ เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา .....	77
5.55	%Thawing loss ของบรอกโคลีแช่เยือกแข็ง แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็งและอายุ การเก็บรักษาต่างกัน เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษา .....	78
5.56	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนของดอกของบรอกโคลี ที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็ง อายุการเก็บรักษาต่างกัน .....	79
5.57	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบรอกโคลี แปรรูปวิธี แช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษาต่างกัน (คะแนนเต็ม 10 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) .....	80
5.58	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาท สัมผัสด้านต่าง ๆ ของบรอกโคลี แปรรูปวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา ต่างกัน .....	81

ตารางที่		หน้า
5.59	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสของดอก และการยอมรับรวมของบรอกโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาเฉพาะวิธีแช่เยือกแข็ง (คะแนนเต็ม 10 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) .....	81
5.60	คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สีของก้าน กลิ่นรส เนื้อสัมผัสของดอกและก้าน และการยอมรับรวมของ บรอกโคลี แปรวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาต่างกัน เมื่อพิจารณา เฉพาะอายุการเก็บรักษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน, การยอมรับรวม คะแนนเต็ม 9 คะแนน) .....	82
5.61	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราในบรอกโคลีแช่เยือกแข็ง ที่ได้จากวิธีแช่เยือกแข็งและอายุการเก็บรักษาต่างกัน .....	83

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพตัดขวางของแครอท .....	3
2.2	ความสมมาตรของโมเลกุล lycopene และ $\beta$ -carotene .....	5
2.3	การเกิด retinin และ vitamin A จาก $\beta$ -carotene .....	5
2.4	โครงสร้างคลอโรฟิลล์ a และ b .....	10
5.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในการแช่เยือกแข็ง แครอทด้วย Air Blast Freezer .....	39
5.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในการแช่เยือกแข็งแครอท ด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น $-70$ $-90$ และ $-110^{\circ}\text{C}$ .....	42
5.3	โครงสร้างเซลล์แครอทก่อนแช่เยือกแข็ง กำลังขยาย 150 เท่า .....	51
5.4	โครงสร้างเซลล์แครอทหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast กำลังขยาย 150 เท่า .....	52
5.5	โครงสร้างเซลล์แครอทหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย Air Blast และเก็บรักษา เป็นเวลา 24 สัปดาห์ กำลังขยาย 150 เท่า .....	52
5.6	โครงสร้างเซลล์แครอทหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว กำลังขยาย 150 เท่า .....	53
5.7	โครงสร้างเซลล์แครอทหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไอไนโตรเจนเหลว และเก็บ รักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ .....	53
5.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในการแช่เยือกแข็ง บรอกโคลีด้วย Air Blast Freezer .....	72
5.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในการแช่เยือกแข็ง บรอกโคลีด้วยไอไนโตรเจนเหลว แปรอุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็น $-70$ $-90$ และ $-110^{\circ}\text{C}$ .....	73
ก-1	กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้ peak กับปริมาณ ความเข้มข้นของ $\beta$ - carotene $\mu/\text{ml}$ .....	112
ก-2	peak ของ $\beta$ - carotene มาตรฐาน (retention time ประมาณ 13 นาที) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC .....	113

รูปที่	หน้า
ก-3	peak ของ $\beta$ - carotene ได้จากแคโรทีน วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ..... 113
ก-4	เครื่องวัดสี (Spectrophotometer Model SPM 50) ..... 117
ก-5	เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA.XT2) ..... 117
ก-6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลา ในการวัดค่าความแน่นเนื้อของ แคโรทีน (วัดแรงที่ตำแหน่ง peak สูงสุดเป็นความแน่นเนื้อ) ..... 120
ก-7	ภาชนะหุ้มฉนวนสำหรับบรรจุไนโตรเจนเหลว (ถัง Dewar) ..... 121
ก-8	Air Blast Freezer ..... 125
ก-9	ถังไนโตรเจน XL-55HP กับ Cryo-test Chamber Model CT-1818-12F ..... 126