

การผลิตโดขนมบั้งแช่เยือกแข็ง



นางสาว สุนีย์ ชลนากิจกุล

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-966-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 พ.ย. 2543

I17956663

**PRODUCTION OF FROZEN DOUGH**

**MISS SUNEI CHONLANAKITKUL**

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**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**

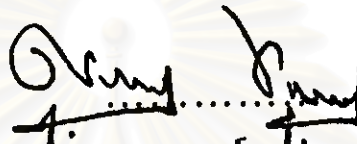
**Academic Year 1997**

**ISBN 974-638-966-1**

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การผลิตโตขนมบั้งแช่เยือกแข็ง  
โดย                              นางสาว สุนีย์ ชลนาทิจกุล  
ภาควิชา                        เทคโนโลยีทางอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษา            อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล


---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

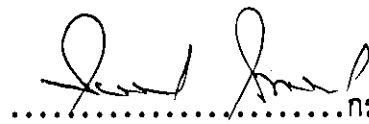
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิमारส)

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

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเรีัยร)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

ศูนย์ ชลนาทิจกุล : การผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็ง ( Production of Frozen Dough )  
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล , 118 หน้า ISBN 974-638-966-1.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาชนิดและปริมาณของสารปรับปรุงคุณภาพ ปริมาณยีสต์ที่ใช้ในการผลิตโดขนมปัง  
แช่เยือกแข็ง ภาวะการเตรียมโดก่อนแช่เยือกแข็ง วิธีการแช่เยือกแข็งและศึกษาอายุการเก็บโดขนมปัง  
แช่เยือกแข็ง

จากการทดลองพบว่าชนิดและปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมในการทำโดขนมปัง  
(140±2กรัม) แบบทันเวลา โดยใช้สารปรับปรุงคุณภาพ 2 ชนิดร่วมกัน คืออะโซไดคาร์โบนาไมด์  
(ADA) และกรดแอสคอร์บิก(AA) พบว่า ในอัตราส่วน 15:100 และ 15:150 ppm จะมีค่าปริมาตร  
จำเพาะและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด ในการผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็งพบว่า อัตรา  
ส่วนของ ADA : AA ที่เหมาะสมเท่ากับ 30:100 ppm ปริมาณยีสต์แห้งที่ระดับร้อยละ 3 ของน้ำหนักแป้ง  
จะให้ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ปริมาณยีสต์ที่เหลือรอด และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูง  
สุด รวมทั้งมีปริมาณสารรติวิตซ์น้อยกว่ายีสต์ที่ระดับอื่น ๆ ศึกษาการเตรียมโดขนมปังก่อนแช่เยือกแข็งที่  
เหมาะสม โดยศึกษาภาวะปกติซึ่งไม่มีการให้ความร้อนโดและภาวะที่ให้ความร้อนแกโด ที่อุณหภูมิ 42  
44 และ 46 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที พบว่าการเตรียมโดขนมปังแช่เยือกแข็งโดยไม่ให้ความ  
ร้อนแกโดขนมปังจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดเนื่องจากค่าปริมาตรจำเพาะและอัตราการรอดชีวิตของยีสต์สูงกว่า  
สำหรับภาวะที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นที่อุณหภูมิลมเย็น - 32 องศาเซลเซียส พบว่า เวลาที่ใช้  
ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แบบลมเย็น จนอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จุดกึ่งกลางเป็น -18 องศา  
เซลเซียส ใช้เวลา 87 นาที และภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ด้วยไนโตรเจนเหลว  
คือ ที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที จากการทดลองเก็บโดขนมปังที่แช่เยือกแข็งแบบ  
ลมเย็นและไนโตรเจนเหลว ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า อัตราการรอด  
ชีวิตของยีสต์ลดลงและเวลาที่ใช้ในการพักโดเพิ่มขึ้น ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าแรงดึงต่อความยืดของ  
โดลดลง สำหรับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังจากโดขนมปังแช่เยือกแข็งทั้งสองวิธี  
พบว่า เมื่อเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ คะแนนเฉลี่ยในด้านความชอบรวมจะลดลงแต่คุณภาพยังเป็นที่  
ยอมรับ

ภาควิชา ..... เทคโนโลยีอาหาร  
สาขาวิชา ..... เทคโนโลยีอาหาร  
ปีการศึกษา ..... 2540

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# # C727354 MAJOR FOOD TECHNOLOGY  
KEY WORD: FROZEN DOUGH / OXIDANT / AZODICARBONAMIDE/ ASCORBIC ACID  
SUNEE CHONLANAKITKUL : PRODUCTION OF FROZEN DOUGH, THESIS  
ADVISOR : ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D., 118 PP. ISBN 974-638-966-1.

Types and levels of oxidants, quantity of instant dry yeast, conditions for preparation before freezing dough, methods of freezing and storage time of frozen dough were studied.

Types and levels of oxidants in dough ( $140 \pm 2$  g) for no-time bread making was studied. It was found that fresh bread made by no-time method required the combination of both azodicarbonamide (ADA) and ascorbic acid (AA) at the proportion of 15 : 100 ppm and 15 : 150 ppm which yielded high specific volume and sensory evaluation scores. For frozen dough production, it was found that the suitable condition was using of ADA : AA was 30 : 100 ppm and 3% instant dry yeast which gave the highest specific volume, yeast survival rate and sensory evaluation scores along with lowest reducing substances in the dough. The conditions for dough preparation before freezing was studied by comparing between normal condition without heating dough and condition with heating dough at 42 44 and 46°C for 10 minutes. Preparation without heating dough indicated the best result with highest specific volume and yeast survival rate. The dough was frozen by air blast and liquid nitrogen. The appropriate freezing time (core temperature of -18°C) for air blast freezing dough at -32°C was 87 minutes while for liquid nitrogen at -60°C was 20 minutes. The frozen doughs were stored at -18°C for 12 weeks. It was found that yeast survival rate, specific volume and the ratio of resistance per extensibility decreased while proof time increased with storage time. Sensory evaluation of frozen-dough bread was carried out. The average score decreased but it was still acceptable after storage for 12 weeks.

ภาควิชา.....เทคโนโลยีของอาหาร

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีของอาหาร

ปีการศึกษา.....๒๕๕๐

ลายมือชื่อนิติกร.....*Mani*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Lee Romnee*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.รมนี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการและกำลังใจอันมีค่ายิ่ง ตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย รวมทั้งการตรวจแก้ไขเอกสารและข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาเป็นประธาน และคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร และขอขอบคุณ คุณจักรวาล และเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการที่ให้ความเอื้อเฟื้อและความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขอขอบพระคุณ คุณวันทนา สุขตลอดชีพและคุณดุสิตา บุญบำเท็ง แห่งบริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์และแนะนำในเรื่องการศึกษาสมบัติของแป้ง รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์แป้งสาลีและสารปรับปรุงคุณภาพ คุณรวมวดี เลขะกุลและพี่หยุน แห่งบริษัท สตรองแพค จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ภาชนะบรรจุ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนบางส่วน ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความร่วมมือ ในการประเมินผลทางประสาทสัมผัส และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ช่วยเหลือ และให้ความสะดวกในการทำงานวิจัยมาตลอด

ขอขอบพระคุณ พี่ ๆ ทุกท่านแห่งสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กรุณาให้โอกาสในการศึกษาดูด้วยดีตลอดมา

และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ ที่ได้สนับสนุนด้านการศึกษา และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนให้ความรักและกำลังใจที่มีค่ายิ่ง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฐ
บทที่	
บทนำ .....	1
วารสารปริทัศน์ .....	3
การดำเนินงานวิจัย.....	26
ผลการทดลอง.....	37
วิจารณ์ผลการทดลอง.....	63
สรุปผลการทดลอง.....	82
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก ก .....	91
ภาคผนวก ข.....	100
ภาคผนวก ค.....	101
ภาคผนวก ง.....	102
ภาคผนวก จ.....	106
ภาคผนวก ฉ.....	108
ภาคผนวก ช.....	111
ประวัติผู้เขียน .....	118

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 สมบัติทาง เคมีของแป้งสาลีชนิด CWRS.....	37
4.2 สมบัติทางกายภาพของแป้งสาลีชนิด CWRS.....	37
4.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาตรจำเพาะขนมปัง เมื่อเติมสารปรับปรุงคุณภาพ 2 ชนิด ในระดับต่างกัน .....	39
4.4 ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อในขนมปัง เนื้อสัมผัส จากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ) ของขนมปังที่ทำจากโดสด.....	40
4.5 ค่าเฉลี่ยของแรงดึง ความยืด ค่าแรงดึงต่อความยืด ของโดขนมปังหลังแช่เยือกแข็ง.....	41
ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ โดยเครื่องวัด texture analyzer	
4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะของโดขนมปังหลังแช่เยือกแข็งที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ ในปริมาณต่างกัน .....	42
4.7 ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน เนื้อสัมผัสจากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ) ของโดขนมปังแช่เยือกแข็งที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณต่างกัน.....	43
4.8 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ ร้อยละการเหลือรอดของยีสต์ และปริมาณ สารรีติวซ์ ทั้งหมด โดยแปรปริมาณยีสต์ต่างกัน.....	44
4.9 ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เปลือก เนื้อในขนมปัง เนื้อสัมผัสจากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ) ของขนมปังที่ทำจากโดแช่เยือกแข็ง โดย แปรปริมาณยีสต์ต่างกัน.....	45
4.10 ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะ และค่าร้อยละการเหลือรอดของยีสต์ ในภาวะต่าง ๆ ที่ใช้เตรียมโด.....	46
4.11 เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งโดขนมปังด้วยไนโตรเจนเหลว ที่อุณหภูมิต่างกัน .....	47
4.12 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการแช่เยือกแข็ง (% freezing loss) และ ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการพักโด (% proofing loss) ของการแช่เยือกแข็ง โดขนมปังด้วยไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิต่างกัน .....	48



สารบัญตาราง(ต่อ)

4.13	ค่า ปริมาตรจำเพาะของขนมปังจากโดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว ..... ที่อุณหภูมิต่างกัน	49
4.14	ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น เปลือก เนื้อในขนมปัง เนื้อสัมผัสจากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน ) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ ) ของขนมปังที่ทำจากโดแช่เยือกแข็งแบบ ไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิต่างกัน.....	50
4.15	ค่าน้ำหนักที่สูญหายในระหว่างการเก็บ เวลาที่ใช้ในการพักโด อัตราการ เหลือรอดของยีสต์ และค่าปริมาตรจำเพาะของโดขนมปังหลังการแช่เยือกแข็ง แบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา12 สัปดาห์	
4.16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าน้ำหนักที่สูญหายในระหว่างการเก็บ เวลาที่ใช้ในการพักโด อัตราการเหลือรอดของยีสต์ และ ค่าปริมาตรจำเพาะ ของโดขนมปังหลังการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว (A) ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา12 สัปดาห์(B) .....	53
4.17	การเปรียบเทียบค่าน้ำหนักที่สูญหาย (weight loss) ของโดขนมปังที่ผ่านการแช่เยือก แข็ง แบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง .....	54
4.18	ค่าเฉลี่ยปริมาตรจำเพาะของโดขนมปัง ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นและ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บ .....	55
4.19	ค่าเฉลี่ยค่าแรงดึง ค่าความยืด และค่าแรงดึงต่อความยืดของโดขนมปังหลัง แช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....	56
4.20	การวิเคราะห์ ความแปรปรวนของค่าแรงดึง ค่าความยืด และค่าแรงดึงต่อความยืด ของโดขนมปังหลังแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว (A) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์(B).. .....	57

## สารบัญตาราง(ต่อ)

4.21	การเปรียบเทียบค่าแรงดึง ค่าความยืด และค่าแรงดึงต่อความยืดของโดชนมปัง หลังแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของ วิธีแช่เยือกแข็ง.....	58
4.22	ค่าแรงดึง ค่าความยืด และค่าแรงดึงต่อความยืดของโดชนมปังหลังแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บรักษา	59
4.23	ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เปลือก เนื้อสัมผัสภายใน เนื้อสัมผัสจากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ) ของขนมปังที่ทำจากโดชนมปังหลังแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์. ....	60
4.24	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เปลือก เนื้อสัมผัสภายใน เนื้อสัมผัสจากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ) ของขนมปังที่ทำ จากโดชนมปังหลังแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว(A) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ (B).....	61
4.25	ค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เปลือก เนื้อสัมผัสภายใน เนื้อสัมผัสจากการชิม (แบบ scoring test 10 คะแนน) และความชอบรวม (แบบ hedonic scale 9 ระดับ) ของขนมปังที่ทำจากโดชนมปังหลังแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นและไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุการเก็บ.....	62
ง 1	ค่าต่าง ๆ ที่อ่านได้จาก Extensigraph .....	105
ฉ 1	การหาปริมาณสารวิตซ์ทั้งหมด (micromole/g).....	108
ฉ 2	ค่าปริมาณยีสต์โดยวิธีการนับโคโลนีในรูปของ log .....	109
ฉ 3	รายละเอียด specification ของภาชนะบรรจุโดชนมปังแช่เยือกแข็ง.....	110

## สารบัญรูป

สารบัญรูป	หน้า
3.1 ขั้นตอนการทำโดชนมปังแบบทูนเวลา	31
3.2 ขั้นตอนการทำโดชนมปังแช่เยือกแข็ง	33
ง 1. Farinograph ของแป้งสาลีเมื่อไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ.....	102
ง 2 Extensigraph ของแป้งสาลีเมื่อไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ.....	102
ง 3 Extensigraph ของแป้งสาลีเมื่อเติมสารปรับปรุงคุณภาพ ADA:AA 15 :100. ppm ...	103
ง 4 Extensigraph ของแป้งสาลีเมื่อเติมสารปรับปรุงคุณภาพ ADA:AA 15 :150. ppm ...	103
ง 5 Extensigraph ของแป้งสาลีเมื่อเติมสารปรับปรุงคุณภาพ ADA:AA 30:100.ppm ...	104
ง 6 Extensigraph ของแป้งสาลีเมื่อเติมสารปรับปรุงคุณภาพ ADA:AA 30 :150. ppm ..	104
จ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งโดชนมปัง ด้วยลมเย็น .....	108
จ 2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งโดชนมปัง แบบไนโตรเจนเหลวที่ -60 -70 และ -80.....	107
ข 1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเย็น(air blast).....	111
ข 2 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen).....	112
ข 3 เครื่องมือวัดลักษณะอาหาร..(Texture Analyzer-XT2).....	113
ข 4 เครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งYOKOGAWA.....	114
ข 5 ลักษณะโดชนมปังเมื่อผ่านการพักโดของโดชนมปังที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง แบบไนโตรเจนเหลวและลมเย็นที่เวลา 0 สัปดาห์ .....	115
ข 6 ลักษณะโดชนมปังเมื่อผ่านการพักโดของโดชนมปังที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง แบบไนโตรเจนเหลวและลมเย็นที่เก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส.....	116
ข 7 ลักษณะขนมปังที่ได้จากโดชนมปังที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบไนโตรเจนเหลว และลมเย็นที่เก็บไว้เป็นเวลา 12 สัปดาห์.ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส .....	117

ภายใน (intracellular) เป็นเหตุให้เกิดการทำลายโครงสร้างของเซลล์ แต่อาจจะมีปริมาณน้ำเล็กน้อยที่สามารถซึมผ่านออกจากผนังเซลล์สู่ภายนอกเซลล์ได้บ้าง

2.3.1.3 ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วในการดึงความร้อนออกอย่างรวดเร็วกับความสามารถในการแพร่ผ่านของน้ำในอาหารสูง (fast rate of heat removal with high water permeability) แม้ว่าอัตราการดึงความร้อนออกอย่างรวดเร็วแต่ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำสูงทำให้น้ำในเซลล์สามารถถูกดึงออกได้มาก ทำให้การซึมผ่านของน้ำจากภายในสู่ภายนอกเซลล์ได้ เช่น สตรอว์เบอร์รี่ ซึ่งเมื่อน้ำออกจากเซลล์ได้อย่างรวดเร็วทำให้น้ำภายในเซลล์ไม่เกิดผลึกน้ำแข็งและโอกาสที่จะถูกทำลายจากผลึกน้ำแข็งจะน้อยลง

ดังนั้นความสัมพันธ์ของอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งและอัตราการซึมผ่านของน้ำนั้น ขึ้นอยู่กับเซลล์ที่กั้นการซึมผ่านของน้ำ (cell barrier) เช่น ผนังเซลล์ที่มีความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำสูง จะทำให้การดึงน้ำออกจากเซลล์ได้ง่ายกว่าเซลล์ที่มีความสามารถในการดึงน้ำออกได้ต่ำ

### 2.3.2 วิธีแช่เยือกแข็ง สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายแบบ ดังนี้

2.3.2.1 การแช่เยือกแข็งโดยใช้อากาศเย็น ซึ่งทำโดยการนำอาหารมาสัมผัสกับอากาศเย็นที่อุณหภูมิ - 18 ถึง - 40 องศาเซลเซียส หรือการแช่เยือกแข็งโดยมีการเคลื่อนที่ของอากาศเย็น ซึ่งมีระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในมีผลให้อัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งเร็วขึ้น

2.3.2.2 การแช่เยือกแข็งโดยการสัมผัสกับผิวโลหะเย็น วิธีนี้อาหารจะไม่สัมผัสกับอากาศเย็นโดยตรงแต่จะผ่านตัวกลาง ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างอาหารและผิวโลหะเย็นแบบการนำความร้อน

2.3.2.3 การแช่เยือกแข็งโดยการสัมผัสกับตัวทำความเย็นซึ่งเป็นของเหลว วิธีการแช่เยือกแข็งวิธีนี้ทำโดยนำอาหารที่ต้องการแช่เยือกแข็งที่บรรจุหีบห่อแล้วหรือไม่บรรจุก็ได้จุ่มลงในของเหลวที่ใช้เป็นตัวกลางให้ความเย็น เนื่องจากของเหลวสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอากาศ ตัวกลางที่นิยมใช้มีหลายชนิดได้แก่ น้ำเชื่อม น้ำเกลือ แคลเซียมคลอไรด์ กลีเซอรอล

2.3.2.4 การแช่เยือกแข็งโดยวิธีโครโอจีนิก เป็นการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำมากและมีอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งที่สูงมาก อาหารที่ต้องการแช่เยือกแข็ง ซึ่งยังไม่บรรจุหีบห่อ หรือบรรจุในฟิล์มแบบเนื้อจะสัมผัสกับตัวกลางให้ความเย็นโดยตรง วิธีนี้จะต่างกับการแช่เยือกแข็งโดยการสัมผัสกับตัวทำความเย็นซึ่งเป็นของเหลว คือ ในการสัมผัสของอาหารกับ