

ผลของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและแบบลมเป่าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาภิโตริ

นาย คม กมลพัฒนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-323-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF LIQUID NITROGEN AND AIR-BLAST FREEZING ON  
YAKITORI QUALITIES

Mr. Kom Kamonpatana

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

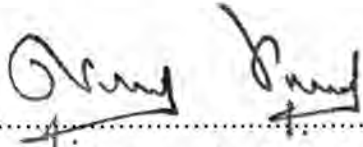
Academic Year 1997

ISBN 974-637-323-4


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและแบบลมเป่าต่อคุณภาพ  
ของผลิตภัณฑ์ยาคิโตริ  
โดย นายคม กมลพัฒนะ  
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์


---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

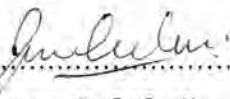
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ชัญพิทยากุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณมา สุภิมารส)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

  
..... กรรมการ  
(คุณ ชนะ ดันติวสินชัย)

กรม กมลพัฒนะ : ผลของการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวและแบบลมเป่าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซากิโคริ  
(EFFECTS OF LIQUID NITROGEN AND AIR-BLAST FREEZING ON YAKITORI QUALITIES) อ.ที่ปรึกษา :  
รศ. ดร. พันธิพา จันทวัฒน์ , 197 หน้า. ISBN 974-637-323-4.

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีแช่เยือกแข็ง (ลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว) ชนิดผลิตภัณฑ์ (ดิบ สุก) การละลายน้ำแข็ง (ไนโตรเวฟ อากาศนิ่ง) และอายุการเก็บ (5 เดือน) รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีให้ความร้อนโดยตรงแก่ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง (ไนโตรเวฟ น้ำเดือด) และอายุการเก็บ (5- เดือน) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซากิโคริ ในขั้นแรกศึกษาภาวะแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งที่เหมาะสมของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ โดยการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่แปรความเร็วลมเป็น 1.5 และ 2.1 m/s. การแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนแปรอุณหภูมิลมเป็น  $-24$  และ  $-30$  °C ส่วนการละลายน้ำแข็งด้วยไนโตรเวฟแปรความเข้มข้นเป็น 50 และ 80 % การละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งแปรอุณหภูมิเป็น  $4$  °C และอุณหภูมิห้อง เลือกภาวะที่ดีที่สุดโดย สำหรับผลิตภัณฑ์ดิบวัดค่า การเสียน้ำหนักหลังละลาย (thawing loss) การดูดกลืนซอสหมัก (marinade gain weight) และการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (cooking loss) และผลิตภัณฑ์สุกวัดค่าการเสียน้ำหนักหลังละลาย (thawing loss) และการเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (heating loss) และทดสอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น กลิ่นรส ความนุ่ม ความชุ่มน้ำ และความชอบรวม ส่วนการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวแปรอุณหภูมิกลางอุโมงค์เป็น  $-60$ ,  $-70$ ,  $-80$  และ  $-90$  °C เปรียบเทียบลักษณะผลิตภัณฑ์ จากนั้นแปรการละลายด้วยไนโตรเวฟ หรือ อากาศนิ่ง และวัดคุณภาพเช่นเดียวกับการศึกษาข้างต้น

การทดลองที่สอง ศึกษาผลของวิธีแช่เยือกแข็งทั้ง 3 วิธี ชนิดผลิตภัณฑ์ดิบและสุก การละลายน้ำแข็งด้วยไนโตรเวฟ และอากาศนิ่ง และเวลาเก็บ ต่อค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ค่าแรงตัดขาด (cutting force) ค่า TBA จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และในการทดลองสุดท้ายเปรียบเทียบวิธีให้ความร้อนก่อนบริโภคที่เวลาเก็บต่างๆ โดยประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์เช่นเดียวการทดลองที่สอง

จากผลการทดลอง ภาวะการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็งผลิตภัณฑ์ดิบที่เหมาะสมคือ ลมเป่าแบบคงที่-ไนโตรเวฟ: 2.1 m/s.-50-80%, ลมเป่าแบบคงที่-อากาศนิ่ง:2.1,1.5 m/s.-อุณหภูมิห้อง, ลมเป่าแบบสายพานวน-ไนโตรเวฟ: $-30$ °C-80%, ลมเป่าแบบสายพานวน-อากาศนิ่ง:- $24$ , $-30$ °C-อุณหภูมิห้อง, ไนโตรเจนเหลว-ไนโตรเวฟ:- $60$ °C-50-80%, ไนโตรเจนเหลว-อากาศนิ่ง:- $60$ °C-อุณหภูมิห้อง, ส่วนภาวะของผลิตภัณฑ์สุกคือ ลมเป่าแบบคงที่-ไนโตรเวฟ:1.5 m/s.-50-80%, ลมเป่าแบบคงที่-อากาศนิ่ง:2.1m/s.- $4$ °C หรือ 1.5m/s.-อุณหภูมิห้อง, ลมเป่าแบบสายพานวน-ไนโตรเวฟ: $-30$ °C-50%, ลมเป่าแบบสายพานวน-อากาศนิ่ง:- $24$ , $-30$ °C-อุณหภูมิห้อง, ไนโตรเจนเหลว-ไนโตรเวฟ:- $60$ °C-50-80%, ไนโตรเจนเหลว-อากาศนิ่ง:- $60$ °C-อุณหภูมิห้อง

ผลิตภัณฑ์ดิบทุกวิธีแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งมีคุณภาพด้านกลิ่นและความชุ่มน้ำดีกว่าผลิตภัณฑ์สุกเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวเสียน้ำหนักน้อยกว่า แต่เสียสารให้กลิ่นรสมากกว่าตัวอย่างอื่น ผลิตภัณฑ์ที่ละลายน้ำแข็งด้วยไนโตรเวฟชุ่มน้ำกว่า แต่กลิ่นค็อยกว่าตัวอย่างที่ละลายด้วยอากาศนิ่ง ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างเก็บ ได้อย่างน้อย 5 เดือน โดยคุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์ดี และเมื่อให้ความร้อนซากิโคริสุกแช่เยือกแข็งด้วยน้ำเดือด ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านกลิ่นดีกว่าเมื่อให้ความร้อนด้วยไนโตรเวฟ

ภาควิชา .....เทคโนโลยีการอาหาร.....  
สาขาวิชา .....เทคโนโลยีการอาหาร.....  
ปีการศึกษา .....2540.....

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## C727220 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: YAKITORI / FREEZING / FROZEN / CRYOGENIC / THAWING / REHEATING

KOM KAMONPATANA : EFFECTS OF LIQUID NITROGEN AND AIR-BLAST FREEZING ON YAKITORI QUALITIES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PANTIPA JANTAWAT, Ph.D. 197 pp.

ISBN 974-637-323-4.

Effects of freezing methods (air-blast, spiral air-blast and liquid nitrogen freezing), product types (raw, grilled), thawing methods (microwave, still air), storage (5 months) including effects of reheating (from frozen stage) methods (microwave, boiling water) and storage (5 months) on yakitori qualities were studied. Initially, study of optimum freezing and thawing conditions were conducted by vary cold air velocity of air-blast freezer (1.5 and 2.1 m/s.) , cold air temperature of spiral air-blast freezer (-24 and -30 °C), power level of microwave thawing (50 and 80% of maximum power), air temperature of still air thawing (4 °C and room temp.). The raw product qualities are monitored using thawing loss, marinade gain weight and cooking loss and for grilled product using thawing loss and heating loss. Sensory quality of products were also assessed by trained panelists. Optimum temperatures for liquid nitrogen freezing were selected by vary temperature in freezing tunnel (-60, -70, -80 and -90) and observing quality of the product surface. Thawing method was also selected by using the same criteria as mentioned above, for the resulting sample.

In the second experiment, effects of freezing methods, product types, thawing methods and storage period on quality of yakitori were simultaneously studied. Quality comparison was made by using color (L\*, a\* and b\*), weight change for each product type (as measured in previous study), cutting force, TBA number, total plate count and sensory evaluation. Finally, effects of reheating (from frozen stage) method at each storage period was assessed, using liquid nitrogen frozen grilled product as study case and selecting criteria as in experiment 2.

The optimum freezing-thawing condition for raw products are air-blast-microwave:2.1 m/s.-50-80%, air-blast-still air:2.1,1.5 m/s.-room temp., spiral air-blast-microwave:-30 °C-80%, spiral air-blast-still air:-24,-30 °C-room temp., liquid nitrogen-microwave:-60 °C-50-80%, liquid nitrogen-still air:-60 °C-room temp. and for grilled products are air-blast-microwave:1.5 m/s.-50-80%, air-blast-still air:2.1m./s.-4 °C or 1.5m./s.-room temp., spiral air-blast-microwave:-30 °C-50%, spiral air-blast-still air:-24,-30 °C-room temp., liquid nitrogen-microwave:-60 °C-50-80%, liquid nitrogen-still air:-60 °C-room temp..

Better flavor and juiciness qualities were observed in all treatments of raw products, as storage time advanced. Less weight loss but higher flavor loss were detected in sample frozen by liquid nitrogen. Microwave thawing provided juicier but less flavor products. All samples could be stored for at least 5 months without obviously quality changing. Reheating the frozen grilled yakitori with boiling water provided a better quality products, comparing to those reheated by microwave

ภาควิชา FOOD TECHNOLOGY

สาขาวิชา FOOD TECHNOLOGY

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติศ Kom Kamonpatana

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Pantipa Jantawat

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัย และทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นเวลานาน ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอบพระคุณ คุณวนัส เต็มไพสิฐพงษ์ กรรมการผู้จัดการใหญ่ คุณสรรกฤษณ์ เชื้อวชาญ รองผู้จัดการทั่วไป ตลอดจนพนักงานทุกฝ่าย บริษัท B. Food Products International จำกัด ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาภิโตรี บรรจุภัณฑ์ เครื่องแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ และลมเป่าแบบสายพานวน และความร่วมมือและอำนวยความสะดวกตลอดงานวิจัยอย่างดียิ่ง

ขอบพระคุณ คุณชนะ ดันดิวิสินชัย ผู้จัดการส่วนเทคนิคอุตสาหกรรม บริษัทบางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่อนุเคราะห์ไนโตรเจนเหลวและเครื่องมือ ให้คำแนะนำ และประสานงานอย่างดียิ่ง

ขอบพระคุณ คุณจรัสศรี ประสานเหลืองวิไล ผู้จัดการฝ่ายผลิต ตลอดจนพนักงานบริษัท C. Y. Frozen Food จำกัด ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว และอำนวยความสะดวกระหว่างงานวิจัย

ขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และบริษัทบางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

ขอบพระคุณ ผศ. ดร. นินนาท ชินประหัยฐ์ พี่ๆ และเพื่อนๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในความอดทนต่อการฝึกฝนและทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นระยะเวลานาน

ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ น้องๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความร่วมมือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอบพระคุณ อาจารย์ รวิศ ทศกร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับเครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องมือวัดความเร็วลม ที่ใช้ในงานวิจัย

ขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ นักวิจัย โครงการการใช้นิวเคลียร์เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมกิจการผสมเทียมโคนมและกระบือปลัด คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และอำนวยความสะดวกต่างๆตลอดงานวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือทุกอย่างแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
3. การทดลอง.....	26
4. ผลการทดลอง.....	39
5. วิจัยณ์ผลการทดลอง.....	119
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	160
รายการอ้างอิง.....	162
ภาคผนวก.....	170
ประวัติผู้เขียน.....	197

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	ภาวะการแช่เยือกแข็งซากิโตริคิบบและสุก ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่.....	30
3.2	ภาวะการแช่เยือกแข็งซากิโตริคิบบและสุก ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวน.....	33
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของ ผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบ ซากิโตริสุก และซอสราด.....	39
4.2	ค่า thawing loss, marinade gain weight และ cooking loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟ ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	41
4.3	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	41
4.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยสี กลิ่น และกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	42
4.5	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่น และกลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 % เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเร็วลม....	42
4.6	ค่า thawing loss และ heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	43
4.7	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	43
4.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	44
4.9	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ซากิโตริที่อย่างแล้วและได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 % เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเร็วลม.....	44
4.10	ค่า thawing loss marinade gain weight และ cooking loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	45
4.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า marinade gain weight ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m./s. และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	45



4.12	การเปรียบเทียบค่า marinade gain weight ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m/s. และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศนิ่ง.....	45
4.13	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m/s. และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	46
4.14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยความชุ่มน้ำ ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m/s. และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	46
4.15	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m/s. และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศนิ่ง.....	46
4.16	ค่า thawing loss และ heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m/s. และการละลายน้ำแข็งด้วย อากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	47
4.17	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ที่ความเร็วลม 2.1 และ 1.5 m/s. และการละลายน้ำแข็งด้วย อากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	48
4.18	ค่า thawing loss, marinade gain weight และ cooking loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิลม -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	49
4.19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า thawing loss ของซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิลม -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	49
4.20	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย thawing loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวน ที่อุณหภูมิลม -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 % เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิลม.....	49
4.21	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิลม -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟ ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	50
4.22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวน ที่อุณหภูมิลม -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	50
4.23	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านสีของผลิตภัณฑ์ซากิโคริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวน ที่อุณหภูมิลม -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่น ไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 % เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิลม.....	50

4.24	ค่า thawing loss และ heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	51
4.25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	52
4.26	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย heating loss ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 % เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิ.....	52
4.27	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	52
4.28	ค่า thawing loss, marinade gain weight และ cooking loss ของซากิโทริคิที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	53
4.29	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซากิโทริคิที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	54
4.30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนสีของผลิตภัณฑ์ซากิโทริคิที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	54
4.31	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านสีของผลิตภัณฑ์ซากิโทริคิที่ได้จากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศนิ่ง.....	54
4.32	ค่า thawing loss และ heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	55
4.33	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	55
4.34	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย heating loss ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากซากิโทริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศนิ่งที่ใช้ในการละลายน้ำแข็ง.....	56

4.35	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวนที่อุณหภูมิ -24 และ -30 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	56
4.36	ผลการพิจารณาลักษณะรอยแยกที่บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบและสุกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ที่อุณหภูมิ -60, -70, -80 และ -90 °C.....	57
4.37	ค่า thawing loss, marinade gain weight และ cooking loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-QUICK™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %...	59
4.38	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซากิโตริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	59
4.39	ค่า thawing loss และ heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	60
4.40	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 80 %.....	60
4.41	ค่า thawing loss, marinade gain weight และ cooking loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	61
4.42	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซากิโตริคิบที่ได้จากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	61
4.43	ค่า thawing loss และ heating loss ของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	62
4.44	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซากิโตริสุกจากการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง Cryo-Test Chamber ตามลักษณะอุณหภูมิของเครื่อง Cryo-Quick™ ที่อุณหภูมิ -60 °C และการละลายน้ำแข็งด้วยอากาศนิ่งที่อุณหภูมิ 4 °C และ อุณหภูมิห้อง.....	62
4.45	ค่าเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ซากิโตริพร้อมบริโภคน้ำแข็งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน ในโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง.....	64





4.67	จำนวนแบคทีเรียที่ผิวของสายพานเครื่องแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบสายพานวน และเครื่องแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวก่อนแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์.....	87
4.68	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และกลิ่นรส ของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง.....	88
4.69	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม ความชุ่มน้ำ และความชอบรวมของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง.....	90
4.70	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง.....	93
4.71	การเปรียบเทียบคะแนนสี และคะแนนความชอบรวม ของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดผลิตภัณฑ์ วิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บ.....	94
4.72	การเปรียบเทียบคะแนนด้านกลิ่น กลิ่นรส และความชุ่มน้ำของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บ.....	97
4.73	การเปรียบเทียบคะแนนด้านกลิ่น และความชอบรวมของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกน้ำแข็งกับวิธีละลายน้ำแข็ง.....	97
4.74	การเปรียบเทียบคะแนนด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และความชุ่มน้ำของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งกับอายุการเก็บ.....	98
4.75	การเปรียบเทียบคะแนนด้านความชุ่มน้ำของยาภิโตรีดิบและสูก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งลมเป่าแบบคงที่ ลมเป่าแบบสายพานวน และ ไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และละลายน้ำแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟ หรืออากาศนิ่ง เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีละลายน้ำแข็งกับอายุการเก็บ.....	99
4.76	สรุปเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีการแช่เยือกแข็ง วิธีละลายน้ำแข็ง ผลิตภัณฑ์ยาภิโตรีดิบและสูกเยือกแข็ง เก็บรักษาที่ $-18^{\circ}\text{C}$ 5 เดือน.....	107
4.77	ค่าเฉลี่ยสีของยาภิโตรีดิบ ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 เดือน และอุ่นจากภาวะเยือกแข็งด้วยไมโครเวฟและน้ำเดือด.....	110



4.90	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนด้านกลิ่นและความชอบรวมของยาภิไตรสุก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 °C เป็นเวลา 5 เดือน และอุ่นจากภาวะเยือกแข็งด้วยไมโครเวฟและน้ำเคือด.....	116
4.91	การเปรียบเทียบคะแนนด้านกลิ่น และความชอบรวมของยาภิไตรสุก ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 °C เป็นเวลา 5 เดือน และอุ่นจากภาวะเยือกแข็งด้วยไมโครเวฟและน้ำเคือด เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอายุการเก็บ.....	117
4.92	สรุปการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีการให้ความร้อนต่อผลิตภัณฑ์ยาภิไตรสุก พร้อมบริโภคน้ำเคือด เก็บรักษาที่ -18 °C 5 เดือน เมื่อให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟและน้ำเคือด.....	118



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.1	ผลิตภัณฑ์ยาภิไตรสุกพร้อมซอสราด..... 40
4.2	ผลิตภัณฑ์ยาภิไตรดิบ..... 40
4.3	ลักษณะยาภิไตรดิบแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวลักษณะปกติ (แช่เยือกแข็งที่ -60 °C) และมีรอยแตกที่ผิว (แช่เยือกแข็งที่ -90 °C)..... 58
4.4	ลักษณะยาภิไตรสุกแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวลักษณะปกติ (แช่เยือกแข็งที่ -60 °C) และมีรอยแตกที่ผิว (แช่เยือกแข็งที่ -90 °C)..... 58
4.5	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าแรงตักขาดจากผลของปัจจัยร่วมระหว่าง วิธีแช่เยือกแข็ง วิธีละลายน้ำแข็งและอายุการเก็บ..... 75
4.6	รูปกราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า marinade gain weight จากผลของปัจจัยร่วมระหว่าง วิธีแช่เยือกแข็ง วิธีละลายน้ำแข็ง และอายุการเก็บ..... 80
4.7	รูปกราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า cooking loss จากผลของปัจจัยร่วมระหว่าง วิธีแช่เยือกแข็ง วิธีละลายน้ำแข็ง และอายุการเก็บ..... 80
4.8	รูปกราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคะแนนสี จากผลของปัจจัยร่วมระหว่าง ชนิดผลิตภัณฑ์ วิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บ..... 96
4.9	รูปกราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรวม จากผลของปัจจัยร่วมระหว่าง ชนิดผลิตภัณฑ์ วิธีแช่เยือกแข็ง และอายุการเก็บ..... 96
4.10	ภาพเนื้อ ไก่ดิบส่วนน่องถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน..... 101
4.11	ภาพเนื้อ ไก่สุกหลังย่างถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน..... 101
4.12	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรดิบแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณใกล้ผิวผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 102
4.13	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรดิบแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณกลางชั้นผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 102
4.14	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรดิบแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวละลายด้วยอากาศนิ่ง ที่บริเวณใกล้ผิวผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 103
4.15	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรดิบแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวละลายด้วยอากาศนิ่ง ที่บริเวณกลางชั้นผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 103
4.16	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรสุกแช่เยือกแข็งด้วยลมเป่าแบบคงที่ละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณกลางชั้นผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 104
4.17	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรสุกแช่เยือกแข็งด้วยลมเป่าแบบสายพานวนละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณกลางชั้นผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 104
4.18	ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยาภิไตรสุกแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณกลางชั้นผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 105

- 4.19 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของซากิโครีสุกแซ่เขือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว  
ละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณใกล้ผิวผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 195
- 4.20 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของซากิโครีสุกแซ่เขือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลว  
ละลายด้วยอากาศนึ่งคลื่นไมโครเวฟ ที่บริเวณใกล้ผิวผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บ 0 เดือน..... 106