การแปลงเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลืองโดยวิธีแช่แข็งเพื่อผลิตเนื้อเทียม

นาย ธนกร โรจนกร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2532

ISBN 974-576-733-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016016
I 10302013

FREEZE TEXTURIZATION OF SOY PROTEIN FOR PRODUCTION OF MEAT ANALOQUE

MR. THANAKORN ROJANAKORN

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-733-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแปลงเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลืองโดยวิธีแช่แข็งเพื่อผลิตเนื้อเทียม
โดย	นาย ธนกร โรจนกร
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธนกร โรจนกร : การแปลงเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลืองโดยวิธีแช่แข็งเพื่อผลิตเนื้อเทียม (FREEZE TEXTURIZATION OF SOY PROTEIN FOR PRODUCTION OF MEAT ANALOQUE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.พันธิพา จันทวัฒน์, 120 หน้า.

ในการวิจัยขั้นแรกได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ดได้แก่ pH ของสารสกัด (7-12) เวลาสกัด(8,10,15,20,นาที)และอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด(1:8,1:10,1:12, 1:14) พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัดที่pH11 เป็น1:8 และสกัด8นาที สามารถสกัดโปรตีนได้ในปริมาณสูงสุดคือร้อยละ79 โปรตีนที่สกัดได้นำมาแปลงเนื้อสัมผัส โดยแปรปริมาณของแข็งทั้งหมดในโปรตีน slurry(ร้อยละ10,15,20) วิธีแช่แข็ง(แบบplate,แบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง)และวิธีกำจัดผลึกน้ำแข็ง(แทนที่ด้วย95%ethyl alcohol,freeze drying) พบว่าผลิตภัณฑ์จากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate จนอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ความลึก1ซ.มจากผิวลดลงถึง-37 °C และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วย 95% ethyl alcohol ที่ 4 °C มีโครงสร้างเส้นใยที่ดี มีค่า shear strength 18 N.และมีคะแนนเนื้อสัมผัสในระดับชอบเล็กน้อย

ต่อมานำโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสมาทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อนใน autoclave ซึ่งแปรอุณหภูมิ(105,110,115 °C)และเวลา(5,7.5,10นาที) พบว่าการให้ความร้อนที่ 115 °C,7.5 นาที ทำให้โครงสร้างเส้นใยโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสยึดแน่นมากขึ้น ค่า shear strength เพิ่มขึ้นเป็น 38N. และมีคะแนนเนื้อสัมผัสในระดับชอบปานกลาง เมื่อนำโปรตีนดังกล่าวนี้มาผลิตเนื้อเทียมปรุงแต่ง โดยแปรรสชาติสารแต่งกลิ่นรส(รสไก่,รสหมู,รสเนื้อ)ในปริมาณต่างๆ(ร้อยละ5,7.5)พร้อมทั้งแปรปริมาณไขมัน (ร้อยละ0,10) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่แต่งกลิ่นรสด้วยรสหมูร้อยละ 7.5 และเติมไขมันร้อยละ 10 ให้คะแนนด้านการยอมรับรวมสูงสุดแต่ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้เพราะมีกลิ่นและรสขมเล็กน้อย จึงได้ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส โดยให้ความร้อนในต้อบแบบสุญญากาศซึ่งแปรอุณหภูมิ (60,65 °C)และเวลา(5,6,7,8ชั่วโมง) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C ความดัน 27 นิ้วปรอทเป็นเวลา 7 ชั่วโมงสามารถกำจัด ethyl alcohol จนโปรตีนที่ได้ไม่มีกลิ่นรสของสารดังกล่าว จากนั้นนำมาผลิตเนื้อเทียมปรุงแต่งอีกครั้งโดยใช้รสหมูร้อยละ 7.5 ไขมันร้อยละ 10 พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับในระดับเดียวกับโปรตีนเกษตรที่ปรุงแต่งในสภาวะเดียวกันทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวม

สำหรับแฮมที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสซึ่งปรับปรุงด้านกลิ่นและรสชาติแล้ว พบว่าการเคียวร์ด้วยสารละลายที่มีเกลือร้อยละ 2 น้ำตาลร้อยละ 3 สารแต่งกลิ่นรส(รสหมู)ร้อยละ 7.5 และ sodium tripolyphosphate ร้อยละ0.5 แล้วรมควัน60นาทีที่ 60 °Cให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต ธนกร โรจนกร

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

THANAKORN ROJANAKORN : FREEZE TEXTURIZATION OF SOY PROTEIN FOR PRODUCTION OF MEAT ANALOQUE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.PANTIPA JANTAWAT,Ph.D. 120 PP.

Factors affecting efficiency of soy protein extraction,comprising pH of extracting solution(7-12),extracting time(8,10,15,20min.)and soy bean to extracting solution ratio(1:8,1:10,1:12,1:14) were initially studied.It was found that 79% protein which was the maximum quantity could be extracted at pH11,1:8 ratio of bean to extracting solution and 8 min.extracting time. The resulting protein was texturized by varying total solid content in the protein slurry(10,15,20%),freezing method(plate freezing,dry ice freezing) and method of ice crystal removal(substitute with 95% ethyl alcohol,freeze drying).It was found that protein slurry with 10% total solid,plate freezing until the product temperature at 1 c.m depth reached -37 °C and removing of ice crystal with 95% ethyl alcohol provided well defined fibrous structure, 18N.shear strength and " slightly like" texture score.

Then the texturized protein was heat stabilized in autoclave at various temperatures (105,110,115 °C) and times (5,7.5,10 min.).The more cohesive fibrous structure product with 38N.shear strength and " moderately like " texture score could be produced when autoclaving the texturized protein at 115 °C for 7.5 min. Ready-to-eat meat analogue was produced from the heat set texturized protein by varying the flavor type (chicken, pork, beef) at different quantity (5,7.5%) and added fat at 0 or 10%.The sensory evaluation result revealed that the highest acceptable score which belonged to the product with 7.5% pork flavor and 10% fat was not in the "acceptable" level. Since there was comment on residual of ethyl alcohol flavor, improvment of the textured protein quality was carried out by heating the sample in vacuum oven at 60 or 65 °C for 5,6,7 or 8 hrs. It was found that the residual alcohol could completely be removed by 7 hr.heating at 60 °C,27 in.Hg. Ready-to-eat meat analogues were produced again from the textured protein,the quality-improved-textured protein and Kaset protein,each using 7.5 % pork flavor and 10% fat. Sensory evaluation results revealed that the product was accepted at the same level as that produced from Kaset protein.

Another acceptable product produced from the quality-improved-protein is ham which was cured in curing solution containing 2% salt, 3% sugar, 7.5% pork flavor and 0.5% sodium tripolyphosphate. After curing, the product was smoked at 60 °C for 60 min.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต ธนกร โรจนากร

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Pantipa Jantawat

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์ อย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือทางวิชาการตลอดจนการแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ และ ดร.สุวิมล กีรติพิบูล ที่กรุณาช่วยติดต่อค้นหาเอกสารจากต่างประเทศบางส่วนซึ่งมีประโยชน์ในการเขียนวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ บริษัท ดีทแฮล์ม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารแต่งกลิ่นรสบางตัวที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. วารสารปริทัศน์..... 3
3. การทดลอง..... 16
4. ผลการทดลอง..... 30
5. วิจารณ์ผลการทดลอง..... 84
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 100

เอกสารอ้างอิง..... 102

ภาคผนวก ก..... 109

ภาคผนวก ข..... 112

ภาคผนวก ค..... 116

ภาคผนวก ง..... 117

ประวัติผู้เขียน..... 120

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	องค์ประกอบของถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5 จากสถานีทดลองปลูกพืชไร่ จังหวัดพะเยา	30
4.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบของถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5	31
4.3	ผลของ pH ต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อใช้เวลาสกัด 8 นาที และใช้อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด 1:8	32
4.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อแปร pH ของสารสกัด	32
4.5	ผลของเวลาสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อใช้อัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด (pH 11) 1:8	33
4.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อแปรเวลาสกัด	33
4.7	ผลของอัตราส่วนระหว่างถั่วต่อสารสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อใช้สารสกัด pH 11 สกัดนาน 8 นาที	34
4.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อแปรอัตราส่วนถั่วต่อสารสกัด	34
4.9	เวลาในการแช่แข็งโปรตีน slurry ที่สภาวะต่าง ๆ	42
4.10	ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมด วิธีแช่แข็ง และวิธีกำจัดผลึกน้ำแข็งต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	50
4.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่สภาวะต่าง ๆ	51
4.12	ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมดต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	51
4.13	ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมด วิธีแช่แข็งและวิธีกำจัดผลึกน้ำแข็งต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	52
4.14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	53
4.15	ผลของปริมาณของแข็งทั้งหมด หรือวิธีแช่แข็งต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	53
4.16	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อน	60
4.18	ผลของอุณหภูมิหรือเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อค่า shear strength ของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	61
4.19	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	62
4.20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ทำให้โครงสร้างอยู่ตัวด้วยความร้อน	62
4.21	ผลของอุณหภูมิหรือเวลาในการให้ความร้อนใน autoclave ต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัส	63
4.22	องค์ประกอบของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนจากกระบวนการ extrusion	65
4.23	ผลของชนิดและปริมาณสารแต่งกลิ่นรสกับปริมาณไขมันต่อคะแนนสี กลิ่น รสชาติของเนื้อเทียมปรุงแต่ง	69
4.24	ผลของชนิดและปริมาณสารแต่งกลิ่นรสกับปริมาณไขมันต่อคะแนนลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของเนื้อเทียมปรุงแต่ง	70
4.25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมปรุงแต่ง	71
4.26	ผลของชนิดสารแต่งกลิ่นรส ปริมาณสารแต่งกลิ่นรสหรือปริมาณไขมันต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมปรุงแต่ง	72
4.27	ผลของชนิดสารแต่งกลิ่นรส ปริมาณสารแต่งกลิ่นรสและการเติมไขมันต่อปริมาณโปรตีนและไขมันที่ตรวจพบในเนื้อเทียมปรุงแต่ง	73
4.28	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนและไขมันที่ตรวจพบในเนื้อเทียมปรุงแต่ง	74
4.29	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนในตู้อบแห้งแบบสุญญากาศต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส	75
4.30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส	75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.31	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนเกษตร.....	76
4.32	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งและโปรตีนเกษตร.....	77
4.33	ผลของปริมาณเกลือในสารละลายที่ใช้เคียวร์และเวลารมควันต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแฮมจากเนื้อเทียม.....	81
4.34	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแฮมจากเนื้อเทียม.....	82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การจัดเรียงตัวของผลึกน้ำแข็งเมื่อระบบโปรตีนสัมผัสตัวทำความเย็นด้านเดียว.....	10
2.2	อัตราการเติบโตและการเกิด nucleus ของผลึกน้ำแข็ง.....	11
4.1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบ plate เพิ่มขึ้น.....	36
4.2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบ plate เพิ่มขึ้น.....	37
4.3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบ plate เพิ่มขึ้น.....	38
4.4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งเพิ่มขึ้น.....	39
4.5	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งเพิ่มขึ้น.....	40
4.6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 เมื่อเวลาในการแช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งเพิ่มขึ้น.....	41
4.7	โครงสร้างตะกอนโปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดด้วยด่างและตกตะกอนด้วยกรด (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope).....	43
4.8	โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol(บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope).	44
4.9	โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)	44
4.10	โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95% ethyl alcohol(บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..	45
4.11	โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 %ethyl alcohol (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)	45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.12 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol(บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope) 46

4.13 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95% ethyl alcohol(บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope) 46

4.14 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 47

4.15 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบคาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope) .. 47

4.16 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 48

4.17 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 แช่แข็งแบบคาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)... 48

4.18 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 49

4.19 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ที่มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20 แช่แข็งแบบคาร์บอนไดออกไซด์แข็งและกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วยวิธี freeze drying (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)... 49

4.20 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.21 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 7.5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 55

4.22 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 10 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 56

4.23 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 56

4.24 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 7.5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 57

4.25 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 10 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 57

4.26 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 58

4.27 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 7.5 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.28 โครงสร้างโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 10 นาที (บันทึกด้วยเครื่อง scanning electron microscope)..... 59

4.29 โปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งจากโปรตีน slurry ซึ่งมีของแข็งทั้งหมดร้อยละ10 แช่แข็งแบบ plate กำจัดผลึกน้ำแข็งโดยแทนที่ด้วย 95 % ethyl alcohol และผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C เป็นเวลา 7.5 นาที เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่อยู่ตัว 64

4.30 โครงสร้างของโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งเปรียบเทียบกับโปรตีนจากกระบวนการ extrusion..... 66

4.31 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber)จากเนื้อวัวที่ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที..... 67

4.32 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber)จากเนื้อหมูที่ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที..... 67

4.33 โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber)จากเนื้อไก่ที่ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที..... 68

4.34 เนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้ว..... 78

4.35 ภาพตัดขวางของเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้ว..... 78

4.36 เนื้อเทียมปรุงแต่งที่ผลิตจากโปรตีนเกษตร..... 79

4.37 ชิ้นเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้ว..... 79

4.38 ชิ้นเนื้อเทียมปรุงแต่งจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโปรตีนเกษตร..... 80

4.39 ภาพตัดขวางของแฮมที่ผลิตจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสโดยวิธีแช่แข็งที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้วเคียวด้วยสารละลายที่มีเกลือร้อยละ2และรมควันที่ 60 °C เป็นเวลา 60 นาที..... 83

4.40 ลักษณะของชิ้นแฮมจากโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสแล้วตัดเป็นชิ้นบาง (slice) ขนาดความหนา 1.5 มิลลิเมตร..... 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย