ผลของภาวะในการเกิดเจล ความสดของปลา และระยะเวลาการเก็บรักษาซูริมิแช่แข็งต่อสมบัติของเจลซูริมิจากปลาทับทิม *Oreochromis niloticus* x *O. placidus*

นายจิรชัย เลขาวิจิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1051-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF GELLING CONDITION, FRESHNESS OF FISH AND STORAGE TIME OF FROZEN SURIMI ON PROPERTIES OF RUBY TILAPIA *Oreochromis niloticus* x *O. placidus* SURIMI GEL

Mr. Jirachai Lekhavichitr

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2004
ISBN 974-53-1051-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของภาวะในการเกิดเจล ความสดของปลา และระยะเวลาการเก็บรักษาซูริมิแช่แข็ง ต่อสมบัติของเจลซูริมิจากปลาทับทิม *Oreochromis niloticus* x *O. placidus*
โดย	นายจิรชัย เลขาวิจิตร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายจิรชัย เลขาวิจิตร : ผลของภาวะในการเกิดเจล ความสดของปลา และระยะเวลาการเก็บรักษา ซูริมิแช่แข็งต่อสมบัติของเจลซูริมิจากปลาทับทิม *Oreochromis niloticus* x *O. placidus* (EFFECTS OF GELLING CONDITION, FRESHNESS OF FISH AND STORAGE TIME OF FROZEN SURIMI ON PROPERTIES OF RUBY TILAPIA *Oreochromis niloticus* x *O. placidus* SURIMI GEL)
อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์, 84 หน้า. ISBN 974-53-1051-4

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของเจลซูริมิจากปลาทับทิมที่เป็นผลมาจากภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการเกิดเจล ความสดของปลา และระยะเวลาการเก็บรักษาในภาวะแช่แข็ง พร้อมทั้งศึกษาผลของเอนไซม์โปรติเอสที่มีผลต่อ myosin heavy chain (MHC) ของโปรตีนจากปลาทับทิม ขั้นแรกศึกษาภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการเกิดเจลซูริมิโดยแปรอุณหภูมิ 7 ระดับ คือ 40 45 50 55 60 65 และ 70 ℃ ร่วมกับเวลา 4 ระดับ คือ 30 60 90 และ 120 นาที ตามด้วยให้ความร้อน 90 ℃ นาน 30 นาที พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิ เวลา และอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 ℃ เป็นเวลา 90-120 นาที จะให้เจลซูริมิที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุด เท่ากับ 1083.51-1121.07 g.cm ($p > 0.05$) ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 ℃ จะให้เจลซูริมิมีค่าความแข็งแรงต่ำสุด และมีแนวโน้มลดลงจาก 469.92 g.cm ที่เวลาการให้ความร้อน 30 นาที เป็น 207.41 g.cm ที่เวลาการให้ความร้อน 120 นาที ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามภาวะการให้ความร้อนที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าความขาว (whiteness) ของเจลซูริมิ ($p > 0.05$) ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาผลของเอนไซม์โปรติเอสต่อการเปลี่ยนแปลงของแถบ MHC ของโปรตีนปลาทับทิมโดยวิธี SDS-PAGE พบว่าที่อุณหภูมิ 40 ℃ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของแถบ MHC ตลอดระยะเวลาการให้ความร้อน 0-120 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 65 ℃ เมื่อเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น แถบของ MHC จะจางลง ในการศึกษาผลของความสดของปลาต่อคุณภาพของเจลซูริมิโดยผลิตซูริมิจากปลาสดที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง (0±2 ℃) เป็นเวลา 0-5 วัน ในแต่ละวันวิเคราะห์ความสดของปลา และคุณภาพของเจลซูริมิที่ผลิตได้ พบว่าปลาทับทิมสดที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0 วัน มีค่า TVB 11.08 mg/100 g sample และค่า TMA 0 mg/100 g sample และเมื่อนำมาผลิตเป็นซูริมิจะให้เจลที่มีคุณภาพดีที่สุดทั้งในด้านค่าความแข็งแรง เท่ากับ 1152.42 g.cm และค่าความขาวของเจล เท่ากับ 79.07 เมื่อปลาทับทิมผ่านการเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 5 วัน โดยเจลมีคุณภาพของเจลลดลง ค่าความแข็งแรง เท่ากับ 840.66 g.cm และค่าความขาว เท่ากับ 77.29 ในขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของผลการวิเคราะห์โดยวิธี folding test สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาซูริมิในภาวะแช่แข็ง (-20±2 ℃) ต่อคุณภาพของเจลซูริมิเป็นเวลา 9 เดือน พบว่าค่าความแข็งแรงของเจล และปริมาณ salt extractable protein ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) แต่เจลที่ได้ยังคงมีคุณภาพระดับ AA เมื่อทดสอบโดยวิธี folding test ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในภาวะแช่แข็ง และระยะเวลาการเก็บรักษาโดยภาวะแช่แข็งไม่มีผลต่อความขาวของเจลซูริมิ ($p > 0.05$)

ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่อนิสิต	จิรชัย เลขาวิจิตร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2547	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

4472523223 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : SURIMI / RUBY TILAPIA / GELLING CONDITION / PROTEASE / FRESHNESS / STORAGE TIME

JIRACHAI LEKHAVICHITR : EFFECTS OF GELLING CONDITION, FRESHNESS OF FISH AND STORAGE TIME OF FROZEN SURIMI ON PROPERTIES OF RUBY TILAPIA *Oreochromis niloticus* x *O. placidus* SURIMI GEL. THESIS ADVISOR : Dr. THANACHAN MAHAWANICH, THESIS COADVISOR : Dr. KIATTISAK DUANGMAL, 84 pp. ISBN 974-53-1051-4

The objective of this study was to investigate the effects of heating conditions, freshness of fish and storage time of frozen surimi on properties of ruby tilapia surimi gel, as well as the effect of fish proteases on myosin heavy chain (MHC) of the fish protein. A heating condition that resulted in surimi gel with highest gel strength was first studied. A combination of seven heating temperatures (40, 45, 50, 55, 60, 65 and 70 °C) and four heating time periods (30, 60, 90 and 120 minutes) was used in the first step of surimi gel preparation, followed by a second step heating at 90 °C for 30 minutes. Gel strength was affected by heating temperature, heating time and the combined effect of heating temperature and heating time ($p \leq 0.05$). Maximum gel strength (1083.51-1121.07 g.cm) was obtained when heated at 40 °C for 90-120 minutes ($p > 0.05$). Surimi gels that were heated at 65 °C possessed minimum gel strength. The gel strength decreased with increasing heating time (i.e., 462.92 g.cm at 30 minutes of heating and 207.41 g.cm at 120 minutes of heating) ($p \leq 0.05$). Different heating conditions had no effect on the whiteness of surimi gels ($p > 0.05$). These results were in good agreement with the study of the effect of proteases on MHC of the fish protein. At 40 °C, the changes in the intensity of MHC band were not observed within the range of heating periods studied (0-120 minutes). At 65 °C, the intensity of the MHC band decreased with increasing heating time. For the study of the effect of the fish freshness on the quality of the surimi gel, it was found that the fish at 0 day of storage (TVB = 11.08 mg/100 g sample, TMA = 0 mg/100 g sample) yielded surimi gel with the highest gel strength (1152.42 g.cm) and high value in whiteness (79.07). Surimi gels obtained from fish kept in ice for 5 days possessed lower gel strength (840.66 g.cm) and lower value in whiteness (77.29). There was no difference in gel quality as evaluated using a folding test. Gels produced from surimi kept in frozen storage (-20 ± 2 °C) exhibited reduced gel strength and salt extractable protein content with increasing frozen storage time from 0 to 9 months ($p \leq 0.05$). However, frozen storage time had no significant effect on the gel whiteness and the quality of surimi gel as evaluated using a folding test ($p > 0.05$).

Department Food Technology Student's signature .....

Field of study Food Technology Advisor's signature .....

Academic year 2004 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น คำปรึกษาที่ดีตลอดการทำวิจัย และกรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตฤศาสน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล คณะกรรมในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย ซึ่งเป็นรากฐานอย่างดีในการศึกษาค้นคว้าวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส ที่กรุณาเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัทบางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องทำความเย็นไนโตรเจนเหลว สำหรับใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติ พี่ น้อง ซึ่งให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วารสารปริทัศน์ 2
   - 2.1 ซูริมิ (surimi) 2
   - 2.2 วัตถุดิบในการผลิตซูริมิ 2
   - 2.3 โปรตีนในกล้ามเนื้อปลา 4
   - 2.4 กระบวนการผลิตซูริมิ 10
   - 2.5 กลไกการเกิดเจลของซูริมิ 13
   - 2.6 ผลของภาวการณ์ให้ความร้อนต่อคุณภาพของเจลซูริมิ 16
   - 2.7 ผลของความสดของปลาต่อคุณภาพของเจลซูริมิ 17
   - 2.8 ผลของกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยโปรตีน 18
   - 2.9 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาซูริมิแช่เข็งต่อการเกิดเจลของซูริมิ 21
   - 2.10 การผลิตซูริมิจากปลาน้ำจืด 22
3. อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงานวิจัย 24
   - 3.1 วัตถุดิบ 24
   - 3.2 สารเคมี 24
   - 3.3 อุปกรณ์การทดลอง 26
   - 3.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการวิจัย 27
4. ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง 31
   - 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของปลาทับทิมสด 31
   - 4.2 การศึกษาภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมกับการเกิดเจลของซูริมิจากปลาทับทิม 32

บทที่ หน้า

4.3 การศึกษาผลของเอนไซม์โปรติเอสต่อ myosin heavy chain (MHC) ของโปรตีนปลาทับทิม 41
4.4 การศึกษาผลของความสดของปลาต่อคุณภาพของเจลซูริมิ 44
4.5 การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาซูริมิในภาวะแช่แข็งต่อคุณภาพของเจลซูริมิ 50
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 56
รายการอ้างอิง 57
ภาคผนวก 65
ภาคผนวก ก 66
ภาคผนวก ข 73
ภาคผนวก ค 76
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ของกล้ามเนื้อปลา	8
2.2	เอนไซม์โปรติเอสที่พบในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ	19
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของปลาทับทิมสด	31
4.2	ค่าแรงกด (force) ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	33
4.3	ค่าระยะทางก่อนเจลแตก (deformation) ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	33
4.4	ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	34
4.5	ความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	38
4.6	ผลการทดสอบ folding test ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	39
4.7	ค่าสี และความขาวของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	40
4.8	องค์ประกอบทางเคมีของปลาทับทิมสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	45
4.9	ปริมาณเนื้อปลาที่ผลิตจากปลาทับทิมสดทั้งตัวที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	47
4.10	ค่า force, deformation และ gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	49
4.11	ความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip และผลการทดสอบ folding test ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	49
4.12	ค่าสี และความขาวของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	50
4.13	ค่า force, deformation และ gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	51

ตารางที่ หน้า

4.14 ความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip และผลการทดสอบ folding test ของซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 52
4.15 ค่าสี และความขาวของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 55
ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า force ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 76
ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 76
ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 76
ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 77
ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 77
ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 77
ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 78
ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาวของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน 78
ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TVB ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 78
ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TMA ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 78
ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 79
ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไขมันของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 79

ตารางที่ หน้า

ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้นของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 79
ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าระดับ pH ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 79
ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเนื้อปลาที่ผลิตจากปลาทับทิมสดทั้งตัวที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง เป็นระยะเวลาต่าง ๆ 80
ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า force ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 80
ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 80
ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 80
ค.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 81
ค.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 81
ค.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 81
ค.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 81
ค.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาว ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 82
ค.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า force ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 82
ค.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 82
ค.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 82
ค.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 83

ตารางที่ หน้า

ค.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 83
ค.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 83
ค.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาว ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 83
ค.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ปลาทับทิม (*Oreochrois niloticus* x *O. placidus*)	4
2.2	ตำแหน่งของกล้ามเนื้อแดงในตัวปลาชนิดต่าง ๆ	4
2.3	โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อปลา	5
2.4	โครงสร้างโมเลกุลของไมโอซิน และจุดที่แยกออกเมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์	9
2.5	โครงสร้างแอกตินฟิลาเมนต์	9
2.6	ขั้นตอนการผลิตซูริมิ	11
2.7	แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของโซลของซูริมิในขณะให้ความร้อน	15
2.8	แบบจำลองโครงสร้างเจลที่ผ่าน และไม่ผ่านการเตรียมเจลซูวาริ	15
4.1	ค่า force ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	34
4.2	ค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	35
4.3	ค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	35
4.4	ความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน	38
4.5	temperature activity profile ของ crude protease สกัดจากปลาทับทิม	41
4.6	pH activity profile ของ crude protease สกัดจากปลาทับทิมที่อุณหภูมิ 65 °C	42
4.7	protein pattern ของซูริมิปลาทับทิมที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 °Cเป็นเวลา 0-120 นาที	43
4.8	protein pattern ของซูริมิปลาทับทิมที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 0-120 นาที	43
4.9	ค่า force และ deformation ของเจลซูริมิที่ผลิตจากปลาทับทิมสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	48
4.10	ค่า force และ deformation ของเจลซูริมิที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	52
4.11	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ salt extractable protein ของโปรตีนซูริมิปลาทับทิมที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ	54
4.12	protein pattern ของซูริมิปลาทับทิมที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็ง	55