การผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากซูริมิ : กุ้งเทียม

Production of Value Added Product from Surimi : Shrimp Analogue

พิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์

Pisitpong Punyabandh

ว
เลขหมู่ QH336.S94 W65 2539 ฉ.2
Bib Key 125860
15 ส.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2539

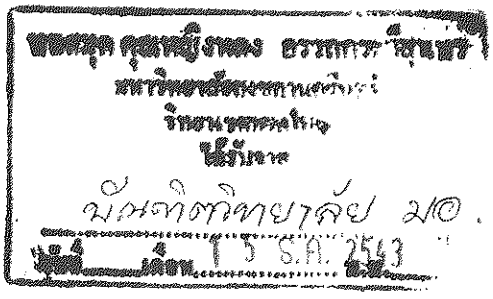
ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากซูริมิ : กุ้งเทียม

ผู้เขียน นายพิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา	คณะกรรมการสอบ
.....ประธานกรรมการ	.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)
.....กรรมการ	.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)	(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)
	.....กรรมการ
	(ดร.ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร



.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร โสตถิพันธุ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากซูริมิ : กุ้งเทียม
ผู้เขียน	นายพิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2539

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมที่พัฒนาขึ้นจากซูริมิจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ ซูริมิ เกลือ น้ำแข็งบด น้ำตาลซูโครส แป้งมันฝรั่ง ผงซูรส ไรโบไทด์ โซเดียมซัคซิเนท กลิ่นกุ้งสังเคราะห์ จำนวน 1000, 25, 400, 50, 70, 5, 0.1, 0.3 และ 15 กรัม โดยน้ำหนักตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยการสับผสมซูริมิด้วยเครื่องสับผสมเป็นเวลา 2 นาที เติมเครื่องปรุงในระหว่างการสับผสมเป็นเวลา 6 นาที แล้วสับผสมต่อ 10 นาที รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 18 นาที แบ่งส่วนผสมออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำไปผลิตเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแล้วนำมาผสมกับส่วนที่สองในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก หลังจากขึ้นรูปในแบบพิมพ์กุ้งแล้วให้ความร้อนในเตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที ถอดตัวกุ้งออกจากแบบพิมพ์ ทาสีลายกุ้ง แล้วอบต่อในเตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที หลังจากนั้นนำมานึ่งต่อไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นจะได้ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมไปแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสอุณหภูมิเครื่อง -30 °ซ และวิธีไครโอจีนิกโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็น ใช้เวลา 59 และ 7 นาที ตามลำดับ พบว่าค่ายอมรับทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดีมีคะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยคือ 0.82 เมื่อเทียบกับค่าในอุดมคติที่มีค่าเท่ากับ 1 ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำที่สูญเสีย เถ้า โปรตีน ไขมัน และเกลือทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน มีค่าระหว่างร้อยละ 78.85-75.88, 5.50-2.53, 9.24-9.02, 38.18-38.73, 1.20-1.18 และ 1.76-1.70 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 2.64×10^3 - 2.83×10^3 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งเทียมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีคะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าระหว่าง 0.82-0.94 คุณภาพทางกายภาพมีปริมาณน้ำที่สูญเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าระหว่างร้อยละ 1.00-5.50 โดยน้ำหนัก โดยกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิกมีค่าสม่ำเสมอดีกว่าวิธีเพลทสัมผัส คุณภาพทางเคมีมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเกลือ ค่อนข้างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 78.85-75.12, 38.18-38.73, 1.04-1.20, 8.94-9.24, และ 1.68-1.76 โดยน้ำหนักตามลำดับ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งทั้งสองวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าระหว่าง 6.38-9.45 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มอก, 2529) และตรวจไม่พบ coliform, *Escherichai coli*, *Sallmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio parahaemolyticus*

Thesis Title	Production of Value Added Product from Surimi : Shrimp Analogue
Author	Mr. Pisitpong Punyabandh
Major Program	Food Technology
Academic Year	1996

Abstract

The formulation of shrimp analogue consisted of surimi, salt, ice water, sugar, potato starch, monosodium glutamate, ribotide, sodium succinate and shrimp flavour 1000, 25, 400, 50, 70, 5, 0.1, 0.3 and 15 g., respectively. The production procedure is as follow : partially thawed surimi was cut for 2 min in silent cutter, after that other ingredients were added during mixing within 6 min. The mixture was futher mixed for another 10 min, which make the total mixing time of 18 min. The mixture paste was divided into two portion, one portion was processed into an elastic texture gel and then combined with the second portion in the ratio of 30:70. The final mixture was molded into shrimp-shape and heated in electric oven at 160 ^{o}C for 7 min. After removing from the mold, the shrimp were colored and baked in electric oven at 160 ^{o}C for 7 min, then steamed at 90 ^{o}C for 10 min and cooled to room temperature.

The products were frozen by two different methods, i.e. the contact plate freezer at -30 ^{o}C resulted in the freezing time of 59 min and cryogenic method using liquid carbondioxide as refrigerant within 7 min. The quality of the products from both methods were not significantly different ($p>0.05$) in organoleptic, chemical, physical and microbiological parameters. Organoleptic aceptability was good with the ratio score of 0.82 comparing to 1 of the ideal product. Chemical and physical parameters e.g. driploss, moisture, protein, fat, ash and salt content of the products from two methods were not significantly diiferent ($p>0.05$), the values were in the range of 78.85-75.88, 5.50-2.53, 9.24-9.02, 38.18-38.73, 1.20-1.18 and 1.76-1.70 % on dry weight basis, respectively. Total plate counts were between $2.64x10^{3}$ to $2.83x10^{3}$ colony/g.

The storage stability of the analogue product at -20 °C for 12 weeks showed that the average organoleptic quality scores were not significantly different ($p>0.05$) with the value of 0.82-0.94. Driploss value was increased when the storage time increased, ranging from 1.00 to 5.50% by weight, and found that the products from cryogenic freezer had more consistency driploss than those from contact plate freezer. Chemical qualities e.g. moisture, protein, fat, ash and salt content were not significantly different ($p>0.05$) with the value of 78.85-75.12, 38.18-38.73, 1.04-1.20, 8.94-9.24, and 1.68-1.76 % (w/w), respectively. Toatal volatile base trended to increase as storge time increased from 6.38 to 9.45 mgN/100 g sample. Total plate counts were not exceed the standard of frozen cooked shrimp (TSI, 115-2529) and unable to detect coliform, *Escherichia coli, Sallmonella spp., Staphylococus aureas* and *Vibrio parahaemolyticus* throughout the storage time.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล ดร.ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้มาตลอด

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และเจ้าหน้าที่ของคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกคน ตลอดจนเพื่อนๆ ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

พิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ.....(3)

Abstract.....(5)

กิตติกรรมประกาศ.....(7)

สารบาญ.....(8)

รายการตาราง.....(9)

รายการตารางผนวก.....(10)

รายการรูป.....(12)

รายการรูปผนวก.....(14)

บทที่

1. บทนำ.....1

บทนำต้นเรื่อง.....1

ตรวจเอกสาร.....3

วัตถุประสงค์.....38

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ.....39

3. ผลและวิจารณ์.....49

4. สรุป.....70

เอกสารอ้างอิง.....73

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม.....80

ภาคผนวก ข การประเมินต้นทุนวัตถุดิบกุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง.....83

ภาคผนวก ค การทำแบบพิมพ์กุ้งเทียมอลูมิเนียมอัลลอยด์.....89

ภาคผนวก ง คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส.....90

ภาคผนวก จ ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ.....97

ประวัติผู้เขียน.....105

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนผสมสูตรกุ้งเทียมพื้นฐาน	22
2	แหล่งวัตถุดิบและวิธีการสกัดสำหรับผลิตกลิ่นรสจากธรรมชาติ	33
3	ส่วนประกอบของกลิ่นรสสกัดจากธรรมชาติ	33
4	ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาการสับผสมและนวด ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม	43
5	ชุดการทดลองเพื่อศึกษาการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งเทียม	44
6	คะแนนเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เมื่อปรับเวลา การสับผสม และการนวดในการผลิตเบื้องต้น	50
7	คะแนนเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เมื่อปรับเวลา การสับผสม และการนวดเพิ่มขึ้น	51
8	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เมื่อปรับปริมาณน้ำ	52
9	ส่วนประกอบเนื้อกุ้งเทียมสูตรพื้นฐานและสูตรพัฒนากลิ่นรส	58
10	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วย วิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ	62
11	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วย วิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ	63
12	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง ด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	68

รายการตารางผนวก

ตารางผนวกที่ หน้า

ข 1 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตกุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง....83

ข 2 ราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์เลียนแบบ....88

ง 1 อัตราส่วนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมสูตรพื้นฐาน....90

ง 2 อัตราส่วนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งเทียมสูตรพัฒนากลิ่นรส....91

ง 3 คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์....92

ง 4 คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพกลิ่นรสผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัส และไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์....93

ง 5 คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพลักษณะปรากฏและความชอบรวมผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง ด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์....94

ง 6 คุณภาพทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์....95

จ 1 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม เมื่อปรับปริมาณน้ำในสูตร....97

รายการตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

จ 2 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง ด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....98

จ 3 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....101

จ 4 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ สัปดาห์เริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 12.....103

รายการรูป

รูปที่ หน้า

1 ปลาที่ใช้ในการผลิตซูริมิ....6

2 อุปกรณ์การผลิตปูเทียม....14

3 ลักษณะแบบพิมพ์กุ้งเทียมและเครื่องมือผลิตกุ้งเทียมแบบผีเสื้อ....18

4 แบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกุ้งเทียม....20

5 แบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกุ้งเทียม....21

6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งเข้มข้นร้อยละ 10 ของแป้งชนิดต่างๆ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 2 °ซ จนถึง 90 °ซ....24

7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความแข็งแรงเจลของซูริมิ....27

8 ความแข็งแรงเจลของซูริมิเมื่อเติมแป้งและไม่ได้เติม เก็บที่อุณหภูมิทำสุกต่างๆ....27

9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทัศน์ของเม็ดแป้งมันฝรั่งในเจลซูริมิ ที่อุณหภูมิทำสุกต่างๆ....28

10 ลักษณะแบบพิมพ์กุ้งเทียม....40

11 กระบอกฉีด....41

12 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตกุ้งเทียม....45

13 กุ้งเทียมที่ปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งแล้ว....53

14 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม....55

15 กุ้งเทียมเติมรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติกับเติมกลิ่นรสสังเคราะห์....56

16 อัตราการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมด้วยเครื่องแบบไครโอจีนิก และเพลทสัมผัส....61

17 ปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการหลอมละลายของผลิตภัณฑ์ กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์....62

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

18 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง ด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์.....64

19 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง ด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็น เวลา 12 สัปดาห์.....67

รายการรูปผนวก

รูปผนวกที่		หน้า
ข 1	แผนผังแสดงการผลิตเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส	84
ข 2	แผนผังการผลิตเนื้อปลาบดแต่งกลิ่นรส	85
ข 3	แผนผังการผลิตกุ้งเทียม	86
ง 7	เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม แช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	96

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

จากรายงานสภาวะทางเศรษฐกิจที่ผ่านมาพบว่า โครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนจากประเทศเกษตรกรรมเป็นประเทศอุตสาหกรรม ดังจะเห็นได้จากมูลค่าการผลิตของภาคเกษตรได้ลดลงจากร้อยละ 39.45 ในปีพ.ศ. 2504 เป็นร้อยละ 16.9 ในปีพ.ศ. 2531 จนถึงปัจจุบันผลผลิตการเกษตรได้ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 3 ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12.45 เป็นร้อยละ 24.44 ในช่วงเวลาเดียวกัน จนปัจจุบันได้เพิ่มเป็นร้อยละ 30.0 (นิรนาม, 2538 ก) อย่างไรก็ตามภาคการเกษตรยังคงมีความสำคัญต่อไป เพราะประชากรส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในภาคการเกษตร ประกอบกับประเทศไทยมีจุดเด่นในเรื่องการเกษตรอยู่มาก ในด้านบุคลากร ดินฟ้าอากาศเอื้ออำนวย ส่วนจุดด้อยคืออายุการเก็บสินค้าการเกษตรมีจำกัดและเสื่อมเสียตามกำหนดเวลา รวมถึงการตลาดขึ้นอยู่กับความต้องการและปริมาณการผลิตของผลผลิตรวมของตลาดโลกในแต่ละปี แนวทางแก้ไขคือ การทำอุตสาหกรรมเกษตรต่อเนื่อง การพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรจึงควรทำในลักษณะครบวงจรมากขึ้น หาวิธีให้ผู้ผลิต ผู้แปรรูปกับผู้ผลิตสินค้าวัตถุดิบสามารถแบ่งประโยชน์กันได้ ต้นทุนการผลิตจะต่ำลง นอกจากนี้การผลิตสินค้าเกษตรใหม่ๆ ที่มีโอกาสทางการตลาด เพิ่มประสิทธิภาพและมูลค่าสินค้าเกษตรเป็นแนวทางที่ดี เพราะประเทศไทยยังมีวัตถุดิบพื้นฐานทางการเกษตรอีกมากที่สามารถพัฒนาเป็นสินค้ามูลค่าเพิ่ม โดยทำควบคู่กับการพัฒนาภาคการเกษตรกับภาคอุตสาหกรรมไปพร้อมกัน เพราะอุตสาหกรรมการแปรรูปการเกษตรจำเป็นต้องอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ ก่อให้เกิดการกระจายรายได้ไปสู่ภูมิภาคต่างๆ อย่างกว้างขวาง

ผลิตภัณฑ์สินค้าอาหารทะเลเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีมูลค่าการส่งออกติดอับดับ 1 ใน 10 อันดับแรกของประเทศไทย (นิรนาม, 2538 ข) โดยมูลค่าส่งออกในปีพ.ศ. 2537 สูงถึงห้าหมื่นล้านบาท และครองอันดับหนึ่งในการส่งออกในตลาดโลก แต่เนื่องจากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วประกอบกับการขาดแคลนวัตถุดิบ และประเทศไทยมีผู้ประกอบกิจการ

อาหารทะเลแช่เยือกแข็งมากถึงประมาณ 100 ราย จึงมีการแข่งขันสูงขึ้น ประกอบกับประเทศคู่แข่งขัน เช่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและประเทศสาธารณรัฐสังคมเวียดนาม มีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรสัตว์น้ำมากกว่า ทำให้ผู้ซื้อรายใหญ่ในต่างประเทศมีโอกาสเลือก โดยนำราคาที่แตกต่างเป็นข้อต่อรอง ดังนั้นผู้ประกอบกิจการอาหารทะเลแช่เยือกแข็งควรหันมาเพิ่มมูลค่าสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพสินค้า ลดการใช้วัตถุดิบ การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากซูริมิเป็นแนวทางเพิ่มมูลค่าสินค้าที่ดี เพราะวัตถุดิบที่ใช้ผลิตซูริมิมีอยู่เป็นจำนวนมาก จากสถิติปีพ.ศ. 2536 ปริมาณสัตว์น้ำที่สะพานปลาและท่าเทียบเรือประมงขององค์การสะพานปลา มีวัตถุดิบที่สามารถผลิตซูริมิได้ปริมาณถึง 486,205 เมตริกตัน เมื่อผ่านกรรมวิธีแปรรูปจะได้ซูริมิประมาณร้อยละ 24 ของน้ำหนักปลา ทั้งหมด (AFDF,1987) นับว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีปริมาณมหาศาลมูลค่านับพันล้านบาท ซูริมิที่ผลิตได้ส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศในรูปซูริมิแช่เยือกแข็งซึ่งมีมูลค่าไม่สูงมากนัก หากได้มีการใช้ประโยชน์ในการแปรรูปซูริมิเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มีมูลค่าสูงขึ้นซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบจะเป็นประโยชน์ยิ่งขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมอย่างกว้างขวาง ได้แก่ คามาโบโกะ ปูเทียม เป็นต้น สำหรับปูเทียมในประเทศไทยมีการผลิตบ้างแต่ในปริมาณที่ไม่มากนัก แม้ว่าผลิตภัณฑ์ปูเทียมจะมีมูลค่าสูงกว่าซูริมิกว่าเท่าตัว ซึ่งเป็นแนวทางเพิ่มมูลค่าสินค้าที่ดีสำหรับกุ้งเทียมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอาหารทะเลเทียมเหมือนกันยังไม่มีการผลิตในประเทศไทย แม้จะมีความพร้อมทางด้านวัตถุดิบ แต่ยังขาดความรู้ความชำนาญอีกมาก งานวิจัยนี้มุ่งหวังให้เป็นแนวทางในการผลิตกุ้งเทียมมาสู่ผู้บริโภคเหมือนกับผลิตภัณฑ์เลียนแบบชนิดอื่น ซึ่งคาดว่าจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าซูริมิ เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง ทั้งยังเป็นการเพิ่มงานและรายได้แก่ประชากรในประเทศอีกด้วย

ตรวจเอกสาร

1. ซูริมิ

ซูริมิ (Surimi) เป็นภาษาญี่ปุ่นที่ใช้เรียกเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำแล้วเติมน้ำตาลและโพลีฟอสเฟตก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ซูริมิจัดเป็นผลิตภัณฑ์วัตถุดิบเริ่มต้น (Intermediate Product) ที่จะถูกนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมากมาย เช่น เนื้อปูเทียม ลูกชิ้นปลา ทอดมัน ไส้กรอก กุ้งเทียม และเบอร์เกอร์ปลา เป็นต้น เรียกรวมว่าผลิตภัณฑ์จากซูริมิ ซึ่งขึ้นกับลักษณะการบริโภคของคนในท้องถิ่นต่างๆ

ในประเทศไทยมีการผลิตซูริมิมานานนับสิบปี ปัจจุบันมีโรงงานผลิตอยู่หลายแห่ง อาทิ บริษัทอภิทุนเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด บริษัทแปซิฟิคแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด บริษัทซีรอแยล อาหารทะเล จำกัด บริษัทบีเอสแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด บริษัทแมนเอโฟรสเซ่นฟู้ด จำกัด บริษัทตรังชัวร์ จำกัด บริษัทสักกี้ฟู้ด จำกัด บริษัทไฮไทซีฟู้ด จำกัด บริษัทธนกิจห้องเย็น จำกัด เป็นต้น ผลิตซูริมิได้เป็นจำนวนมาก ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภทลูกชิ้นและทอดมันมีการผลิตอยู่ทั่วไปตามแหล่งที่มีวัตถุดิบ ซึ่งมีทั้งโรงงานขนาดย่อมและขนาดใหญ่ จิราวรรณ แย้มประยูร (2530) รายงานว่าในประเทศไทยมีโรงงานผลิตลูกชิ้นปลาถึง 100 โรงงาน ผลิตได้วันละประมาณห้าล้านลูก ต้องใช้เนื้อปลาปริมาณมากและมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี และจากสถิติปริมาณสัตว์น้ำสดที่สะพานปลาและท่าเทียบเรือประมงขององค์การสะพานปลา พบว่าปีพ.ศ.2536 มีปริมาณสัตว์น้ำ 766,154 เมตริกตัน เป็นปลา 605,912 เมตริกตัน และเป็นปลาที่ไม่นิยมบริโภคเนื้อสด 486,205 เมตริกตัน วัตถุดิบจากปลาที่ไม่นิยมบริโภคเนื้อโดยตรงสามารถนำมาผลิตซูริมิ ได้แก่ ปลาทรายแดง ปลาจวด ปลาตาโต ปลาปากคม ปลาไหลทะเล เป็นต้น (สุภาพรรณ บริลเลียนเตส , 2535)

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ

การผลิตซูริมิเริ่มจากประเทศญี่ปุ่น วัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากเนื้อปลาอลาสก้าพอลเลค (Alaska pollack) แสดงในรูปที่ 1 ก ซึ่งเป็นปลาที่ชาวญี่ปุ่นนิยมบริโภคไข่ปลา ส่วนเนื้อไม่นิยมบริโภคเนื่องจากคุณภาพเนื้อปลาจะลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง (Suzuki, 1981) ต่อมาพบว่าปลาอื่นๆ สามารถนำมาผลิตเป็นซูริมิได้เช่นกัน โดยสามารถแบ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ 2 ชนิด คือ ปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูง และปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงต่ำ

ปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูง (Fatty fish) คือ ปลาที่มีปริมาณไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไป ได้แก่ ซาร์ดีน , เฮอริ่ง และแปซิฟิคแมคเคอรัล (Pacific Mackerel) แอคแลนติก เมฮาเดน (Atlantic Mehaden) เป็นต้น (Boye and Lanier, 1988)

ปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงต่ำ (Lean fish) คือปลาที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 3 ได้แก่ โกลด์เด้น เทรดฟิน บรีม (Golden threadfin bream) อลาสก้าพอลแลค ครอคเกอร์ (Croker) แองเจอร์ฟิช (Anglerfish) เรด ซีบรีม (Red seabream) เป็นต้น (Babbitt, *et al.*, 1984)

เมื่อนำปลาเหล่านี้มาผลิตเป็นซูริมิ ซูริมิที่ผลิตจากปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูงจะมีสีคล้ำ เนื่องจากมีเม็ดสี (Heme) มากกว่า โดยพบว่าปลาเรดซีบรีมมีปริมาณไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน 6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ขณะที่ปลาปลาซาร์ดีนและแปซิฟิคแมคเคอรัลมีปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Lanier and Lee, 1992) ดังนั้นปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูงจะมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ สาเหตุมาจากเกิดการออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและฟอสฟอลิปิดในกล้ามเนื้อแดง

นอกจากนี้ปลาทั้ง 2 ชนิด ยังให้ซูริมิที่มีความแข็งแรงเจลและการยึดเกาะแตกต่างกัน โดยซูริมิเตรียมจากปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงต่ำ มีค่าความแข็งแรงเจลและการยึดเกาะสูงกว่า ในขณะที่มีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาใกล้เคียงกัน ปัจจัยที่มีผลกับการเกิดเจล คือ ปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูงจะมีระดับพีเอชต่ำ ปลาซาร์ดีนหรือแมคเคอรัลมีพีเอช 5.80 ในขณะที่ปลาไขมันและเนื้อแดงต่ำ เช่น ปลาแอตแลนติก เมฮาเดน ปลาครอคเกอร์ มีระดับพีเอช 6.1-6.50 ที่เป็นเช่นนี้เพราะปลาไขมันและเนื้อแดงสูง ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำลึก ต้องว่ายน้ำเป็นระยะเวลานานในการย้ายถิ่นฐาน จึงมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสูง เมื่อปลาตายจะเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกพีเอชจึงลดลงมาก โปรตีนไมโอไฟบริลลาจึงไม่คงตัว เพราะโปรตีนชนิดนี้เกิดเจลได้ดีถ้ากล้ามเนื้อปลามีพีเอชอยู่ระหว่าง 6-8 ปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูงมีโปรตีนซาร์โคพลาสมิกสูง ซึ่งไม่แสดงคุณสมบัติในการเกิดเจล โดยพบว่าปลาซาร์ดีนและแปซิฟิก แมคเคอรัล มีปริมาณโปรตีนซาร์โครพลาสมิก 650-800 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อปลา 100 กรัม มากเป็นสามเท่าของปลาอลาสก้าพอลแลคและเองเจอร์ฟิช ปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูง โปรตีนซาร์โคพลาสมิกมีขนาดโมเลกุลและสกัดออกได้ยากกว่า Saeki และคณะ (1985) ศึกษารายงานว่าเอนไซม์โปรติเอสในปลาไขมันและเนื้อแดงสูงทนความร้อนได้ดี ซึ่งจะลดความสามารถการเกิดเจลของไมโอซิน ในระหว่างการบ่มเจลที่

อุณหภูมิ 50-60 °ซ วิธีแก้ไขอาจเติมสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส ได้แก่ Bovine plasma powder, ไข่ขาว เป็นต้น (Hamann, *et al.*, 1990)

จากข้อมูลดังกล่าว ซูริมิที่ผลิตจากปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงต่ำจะให้คุณภาพความแข็งแรงเจลและมีความขาวมากกว่า สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า อย่างไรก็ตามซูริมิจากปลาที่มีไขมันและเนื้อแดงสูง สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ได้เช่นกัน โดยการเติมส่วนผสมเครื่องเทศหรือกลิ่นรส เพื่อลดกลิ่นคาว หรือเติมส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ให้มีความขาวขึ้น (Laniner and Lee, 1992)

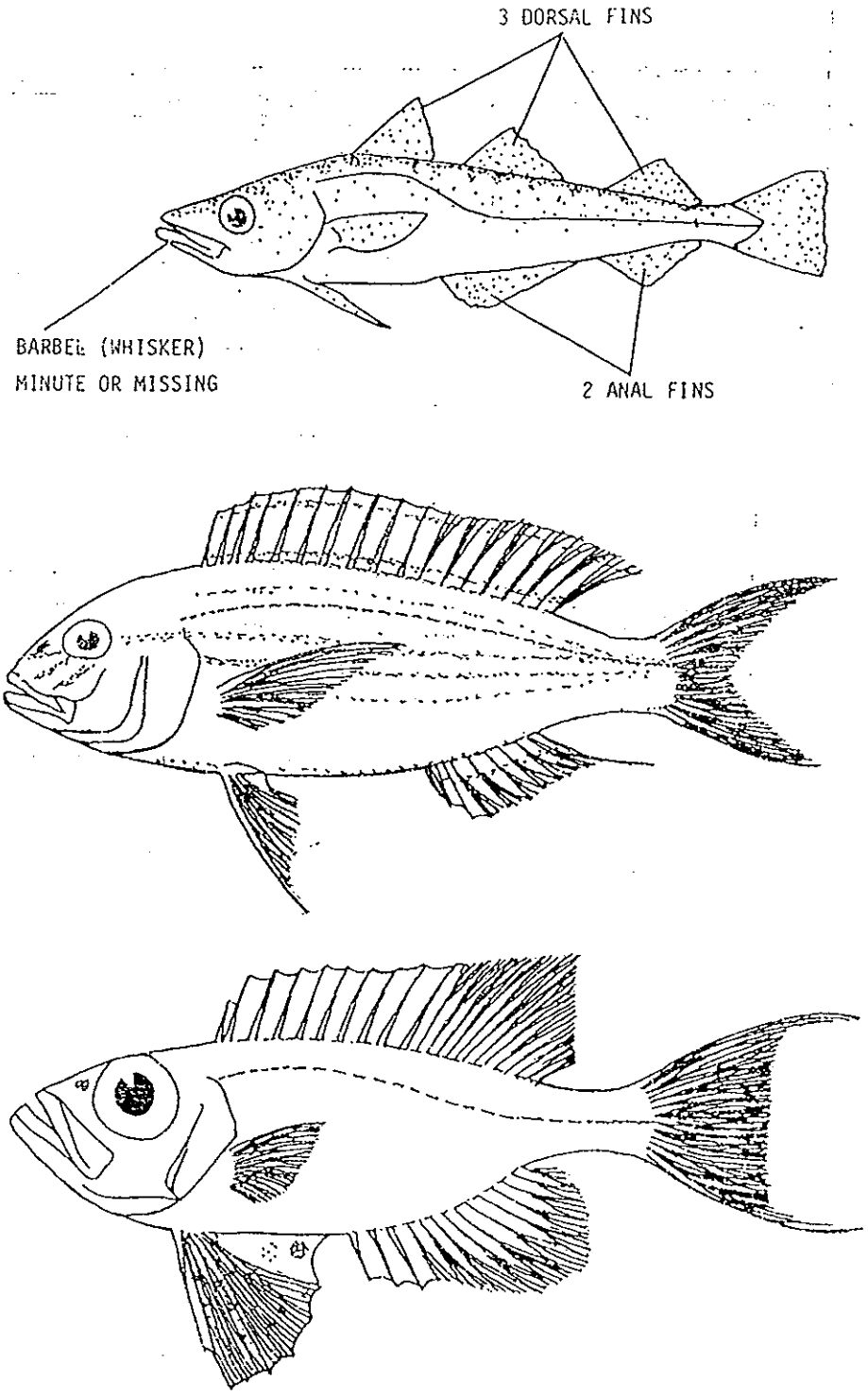
ในประเทศไทย การผลิตซูริมิส่วนมากจะผลิตจากปลาทรายแดง (Nemipterus tambulueles) ชื่อสามัญ threadfin bream และปลาตาโต (Pinecanthus tayenus) ชื่อสามัญ purple-spotted bigeye (Min, *et al.*, 1987) ดังแสดงในรูปที่ 1 ข และ ค ตามลำดับ

ปลาทรายแดงมีลำตัวยาวแบนมีแถบสีเหลืองสว่าง 5 แถบตามยาวด้านข้างลำตัว โดยเฉลี่ยแล้วจะมีขนาดลำตัวยาว 10-25 เซนติเมตร พบปลาทรายแดงตามชายฝั่งทะเลอันดามันและชายฝั่งทะเลประเทศเวียดนาม เนื้อปลาทรายแดงจะมีสีขาว มีกลิ่นรสดีมาก และเมื่อนำมาเตรียมเจลที่ได้จะมีความแข็งแรงเจลสูง มีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาสูงและมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง ทำให้สามารถผลิตซูริมิคุณภาพสูงได้

ปลาตาโตที่พบมีอยู่ 10 สปีชีส์ นิยมนำมาผลิตเป็นซูริมิ ปลาตาโตลำตัวมีสีแดงเข้ม อาศัยอยู่ในน้ำลึก 200 เมตร โดยเฉลี่ยมีขนาดยาว 10-25 เซนติเมตร พบปลาตาโตในอ่าวไทยและตอนเหนือของทะเลจีนใต้ ทิศเหนือถึงทิศใต้ของออสเตรเลีย และฝั่งทะเลตะวันออกของทวีปอเมริกา ซูริมิที่ผลิตจากปลาตาโตจะมีสีคล้ำ แต่ให้ความแข็งแรงของเจลสูง

นอกจากวัตถุดิบจากปลาที่จับได้ในทะเลโดยตรงแล้ว Regenstein (1986) ได้รายงานถึงแนวทางการใช้ประโยชน์จากแหล่งวัตถุดิบ เพื่อการผลิตซูริมิดังนี้

1. ปลาที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ (Underutilized species) ปกติชาวประมงสามารถจับปลาได้ หลายชนิดและมีบางชนิดที่ไม่ได้รับความสนใจ อาจเนื่องมาจากไม่มีแหล่งรับซื้อหรือการใช้ประโยชน์ยังไม่กว้างขวาง สัตว์น้ำเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในการผลิตซูริมิได้



รูปที่ 1 ปลาที่ใช้ในการผลิตซูริมิ

ก ปลาอลาสก้าพอลแลค

ข ปลาทรายแดง

ค ปลาตาโต

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)

2. ปลาที่เป็นวัตถุดิบของโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial fish) ส่วนใหญ่จะใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปลาป่นหรือน้ำมันปลามีปริมาณร้อยละ 25 ของปลาที่จับได้ทั้งหมด เนื่องจากมีปริมาณมาก การดูแลระหว่างการขนส่งและคุณภาพในการเก็บรักษาไม่ดี คุณภาพปลาจึงไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะนำมาเป็นอาหารได้โดยตรง หรืออาจมีขนาดเล็กเกินไป ยากต่อการแปรรูปทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงเกินไป ปลาเหล่านี้มักมีปริมาณไขมันสูงการเก็บรักษาทำได้ยาก แต่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตซูริมิได้

3. ปลาที่เหลือจากการแปรรูป (Food Grade Waste Materials) ปลาซึ่งไม่ได้ขนาดอาจมีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไป หรือปลามีตำหนิจะถูกแยกออกในระหว่างการแปรรูป การผลิตปลาแล่คุณภาพสูง จะมีเนื้อติดกระดูกอยู่ประมาณร้อยละ 10-20 ของน้ำหนักวัตถุดิบ ส่วนเนื้อที่ติดอยู่กับส่วนหัวปลา มีประมาณร้อยละ 10-15 วัตถุดิบดังกล่าวสามารถนำมาผลิตซูริมิได้

ดังนั้นวัตถุดิบที่สามารถนำมาทำซูริมิมีอยู่เป็นจำนวนมาก คุณภาพของซูริมิที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ความสด ฤดูกาลในการจับและขนาดของปลา ปลาที่มีปริมาณโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือสูง เช่น ปลาทรายแดง ปลาจวด และปลาไหลทะเล สามารถนำมาผลิตซูริมิที่มีความแข็งแรงสูง (อุดม สุนทรวิภาค และคณะ, 2530) ปลาที่มีความสดสูงสามารถผลิตเป็นซูริมิที่มีคุณภาพสูงได้ ควรทำการผลิตซูริมิจากปลาสดหลังจากจับได้ภายใน 5 ชั่วโมง โดยให้ปลาผ่านระยะการเกร็งตัวแล้ว ส่วนปลาที่เก็บรักษาในน้ำแข็งควรผลิตภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง (สุภาพรรณ บริลเลียนเตส, 2535 ; Lee, 1986)

1.2 ขั้นตอนการผลิตซูริมิ

(1) การตัดหัวควักไส้ ส่วนมากมักใช้แรงงานคนแต่ก็สามารถใช้เครื่องมือได้ เมื่อปลามีขนาดเดียวกัน การตัดหัวควักไส้มีข้อดีคือหัวและไส้มีปริมาณไขมันมาก ซึ่งจะสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ความเหนียวของเนื้อปลาลดลง ไส้ของปลามีเอนไซม์อยู่มาก เมื่อปนอยู่ในเนื้อปลาทำให้ความเหนียวลดลงและผลิตภัณฑ์ซูริมิมีสีคล้ำ (สุภาพรรณ บริลเลียนเตส, 2535)

(2) การแยกเนื้อปลาและกระดูก เนื่องจากเนื้อปลามีลักษณะอ่อนนุ่มไม่เหมือนเนื้อสัตว์ปีกหรือเนื้อปศุสัตว์ จึงใช้เครื่องแยกเนื้อปลาและกระดูก (Patashnik,*et al.*, 1974) ปัจจัยที่สำคัญในการแยกเนื้อปลาออกจากกระดูก ขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดรูของ Perforated steel board โดยปกติจะมีขนาด 1-5 มิลลิเมตร โดยรูขนาดกลาง 3-4 มิลลิเมตร จะให้ผลทั้งปริมาณ

และคุณภาพซูริมิที่สูง ส่วนรูขนาดเล็ก 1-2 มิลลิเมตร จะได้ซูริมิที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเนื้อดำน้อย แต่จะสูญเสียเนื้อปลาไปมากในระหว่างการแยกน้ำออกจากเนื้อปลาในขั้นตอนต่อไปเพราะว่าเนื้อปลามีขนาดเล็ก ถ้าใช้รูขนาด 4-5 มิลลิเมตร จะได้ปริมาณผลผลิตมากขึ้น แต่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเนื้อดำปนออกมามาก ต้องใช้เวลาและน้ำล้างมากขึ้น (Lee, 1986)

(3) การล้างเนื้อปลา เป็นการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของซูริมิให้ดีขึ้น การเกิดเจลของซูริมิจะดีขึ้นเมื่อมีการล้างน้ำซึ่งสามารถกำจัดโปรตีนที่ละลายน้ำ และองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกไป ได้แก่ เลือด ไขมัน เอนไซม์ ทำให้ปริมาณสัดส่วนของโปรตีนไมโอไฟบริลลาสูงขึ้น (Suzuki, 1981) น้ำที่ใช้ล้างซูริมิควรคำนึงถึงอุณหภูมิ ความกระด้าง พีเอช และปริมาณเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ ความกระด้างของน้ำจะเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียลักษณะเนื้อสัมผัสของซูริมิและสี ในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เยือกแข็ง โดยอิออนของแคลเซียมและแมกนีเซียมจะทำให้โปรตีนแอคโตไมโอซินเสียสภาพไป เจลซูริมิจะมีความแน่น (firmness) มากขึ้น แต่มีความยืดเกาะลดลง เนื่องจากแคลเซียมจะเพิ่มการยึดเกาะระหว่างโมเลกุลไมโอซิน ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากเจลมีมากขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสจะแข็งและเหนียวเหมือนยางระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เยือกแข็ง เนื้อสัมผัสจะเปลี่ยนแปลงไป การรักษาให้โปรตีนมีคุณภาพคงเดิมในระหว่างการล้างควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °ซ ควบคุมพีเอชให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ซึ่งจะมีความสามารถอุ้มน้ำได้มากที่สุด การล้างแต่ละครั้งใช้ปริมาณน้ำ 5-10 เท่าของเนื้อปลาบด ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง ระหว่างการล้างมีการกวนหรือคนอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการจับตัวของเนื้อปลาบด น้ำที่ใช้ล้างครั้งสุดท้ายควรมีความเค็มร้อยละ 0.1-0.2 เพื่อให้ง่ายต่อการกำจัดน้ำออก แต่การใช้ปริมาณเกลือมากเกินไป เกลือจะตกค้างในเนื้อปลาบดและจะละลายโปรตีนไมโอไบบริลลา ออกมาเป็นเหตุให้เกิดการเซ็ทตัวเป็นเจลก่อนการขึ้นรูป (Lee, 1986) เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน จะมีลักษณะเหนียวขึ้น (Yoon and Matahes, 1988)

(4) การคัดแยกสิ่งปลอมปนในเนื้อปลาบด โดยผ่านเครื่อง strainer เพื่อแยกเศษก้าง เกล็ด เยื่อบุ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ออกจากเนื้อขาว โดยปกติทำโดยอัดเนื้อปลาผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะเกิดความร้อนขึ้นจึงต้องรักษาอุณหภูมิให้ต่ำ โดยใช้น้ำแข็งกับเครื่องมือดังกล่าว (สุภาพรรณ บริลเลียนเตส, 2535) ถ้าเนื้อปลาบดผ่านขั้นตอน

การแยกน้ำมาก่อนพบว่าการแยกสิ่งปลอมปนทำได้ยาก ดังนั้นเนื้อปลาบดก่อนนำมาคัดแยกสิ่งปลอมปน ควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 87-90 (Lee, 1986)

(5) การแยกน้ำจากเนื้อปลา อาจใช้เครื่องมือแยกน้ำแบบสกรู เครื่องเหวี่ยง หรืออาจใช้ถุงไนล่อน แล้วบีบน้ำออกโดยเครื่องบีบน้ำแบบไฮโดรลิก ปลาที่มีอายุการเก็บรักษานานกว่า 24 ชั่วโมง ควรแช่เนื้อปลาบดในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.15-0.20 ก่อนการแยกน้ำ เพื่อช่วยให้การไล่น้ำดีขึ้น อันเป็นผลจากการเพิ่มแรงดันออสโมติก หลังจากการแยกน้ำออกแล้วเนื้อปลาบดควรมีความชื้นร้อยละ 80-84 (Lanier, 1986) ซึ่งการควบคุมปริมาณความชื้นให้พอเหมาะเมื่อนำไปผ่านกระบวนการต่อไปจะได้ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งที่มีความชื้นมาตรฐาน คือ ไม่เกินร้อยละ 80 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

(6) การนวดและผสมสารป้องกันการเสื่อมสภาพ ขั้นแรกนวดเนื้อปลาบดล้วนๆ เพื่อทำให้เนื้อปลาบดแตกแยกออกจากกัน ขั้นที่สองเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Cryo-protectant) เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้แก่ น้ำตาล ซอร์บิทอล และโพลีฟอสเฟต ซึ่งมีบทบาทในการช่วยให้โปรตีนจากเนื้อปลามีความคงตัวระหว่างการแช่เยือกแข็งและระหว่างการเก็บรักษา โดยทั่วไปมักใช้ปริมาณโพลีฟอสเฟตร้อยละ 0.2-0.3 ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามระยะเวลาที่จะเก็บรักษา (MacDonald and Lanier, 1991) การเติมน้ำตาลในปริมาณมากเกินไปอาจส่งผลให้ซูริมิเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งอาจแก้ไขโดยใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 8 ร่วมกับโพลีฟอสเฟต ก่อนนำเนื้อปลาบดไปแช่เยือกแข็ง (Sych, *et al.*, 1990) การผสมสารป้องกันการเสื่อมสภาพให้กระจายละลายได้อย่างทั่วถึง สามารถใช้เครื่องมือได้หลายชนิดเช่น เครื่องสับผสม (Silent Cutter) เครื่องปั่น (Blenders) เครื่องผสม (Mixers) เป็นต้น โดยคำนึงถึงความจุที่เหมาะสมต่อครั้งที่ผลิต โดยให้วัตถุดิบผสมกันอย่างทั่วถึงและใช้เวลาผสมน้อยที่สุด Lee (1986) รายงานว่าการใช้เครื่องผสมจะใช้เวลาน้อยที่สุดเพียง 15 วินาที ซึ่งจะหลีกเลี่ยงอุณหภูมิในการผลิตที่สูงขึ้นได้ดีกว่าการใช้เครื่องผสมและเครื่องนวดซึ่งใช้เวลา 30 วินาที และ 3 ถึง 5 นาทีตามลำดับ

(7) การแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา โดยทั่วไปนิยมบรรจุซูริมิในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนถุงละ 10 กิโลกรัม แล้วทำการแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสที่อุณหภูมิต่ำกว่า - 35 °ซ ใช้เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20 °ซ สามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 1 ปี (Lee, 1984 ; Lanier and Lee, 1992)

จากขั้นตอนการผลิตซูริมิดังที่กล่าวมาแล้วซูริมิจึงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ เพราะเป็นโปรตีนเข้มข้นผลิตจากเนื้อปลาชนิดเดียวที่มีปริมาณมากพอที่จะนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม (Lanier, 1986) สามารถนำไปผลิตอาหารได้หลายแบบ

2. การใช้ประโยชน์ซูริมิเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

การผลิตผลิตภัณฑ์จากซูริมิรูปแบบต่างๆ เช่น เนื้อปูเทียม กุ้งเทียม ไส้กรอก เบอร์เกอร์ปลา จะอาศัยพื้นฐานการผลิตคล้ายคลึงกัน โดยเริ่มจากสับผสมซูริมิแล้วเติมส่วนประกอบ ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนักเพียงแต่จะมีรูปร่างและรสชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นถ้าทราบถึงหลักการผลิตผลิตภัณฑ์จากซูริมิประเภทใดประเภทหนึ่งแล้ว สามารถนำไปดัดแปลงแก้ไขหรือเพิ่มเติมส่วนผสมในการผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปประเภทอื่นได้ง่ายขึ้น (สุภาพรรณ สุขประทุม, 2529)

ขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากซูริมิ เริ่มจากสับผสมซูริมิให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วเติมเกลือร้อยละ 2 ถึง 3 ของน้ำหนักซูริมิ สับผสมจนเกิดสภาพเหนียวและเหลว เรียกของผสมนี้ว่า "ซูริมิเพสท์" สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยแบ่งตามเทคนิคการผลิตได้ 4 แบบ (Lee, 1984) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปในแบบพิมพ์ (Molded Product) ผลิตภัณฑ์ชนิดอิมัลชั่น (Emulsified Product) ผลิตภัณฑ์เส้นใย (Fiberized Product) และผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบซับซ้อน (Composite-molded Product) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบพิมพ์ จะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามต้องการในแบบพิมพ์ หรือผ่านการเอ็กซ์ทรูด แล้วปล่อยให้เกิดเจล ได้แก่ ลูกชิ้นปลา ปลาเส้น ทอดมัน คามาโบโกะ ชิกูว่า แฮมเปน เป็นต้น โดยขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยการบด เติมเกลือ การขึ้นรูป การเซ็ทตัว และให้ความร้อน

การผลิตลูกชิ้น อาจใช้วัตถุดิบจากปลาหลากหลายชนิด หรือจากเนื้อปลาบด การวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะพิจารณาความยืดหยุ่น (springness) สีและรสชาติ (Min, *et al.*, 1987) การผลิตทำโดยสับผสมซูริมิให้ละเอียดแล้วเติมเกลือปริมาณร้อยละ 2-3 ของน้ำหนักเนื้อปลา ผสมจนข้นเหนียว ขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ จากนั้นปล่อยให้เซ็ทตัวที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเจลมีความแข็งแรงมากขึ้นจึงนำไปให้ความร้อนโดยการต้มที่ 90 °ซ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพลูกชิ้นปลาคือความสดของวัตถุดิบ ส่วนผสมที่เติมลงไป ได้แก่ ชนิดและปริมาณแป้ง เป็นต้น

การผลิตปลาเส้น สามารถนำปลาชนิดใดก็ได้มาผลิต แต่ควรมีราคาถูก สะอาดและสด นิยมใช้ปลาตาโต ปลาดาบ และปลาฉลาม การผลิตโดยนำเนื้อปลาหรือซูริมิที่สับผสมแล้วผสมกับเครื่องปรุง ประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง เกลือ น้ำตาลทรายขาว และพริกไทยป่น แล้วนำมาขึ้นรูป จากรายงานของสมยศ จรรยาวิลาส และคณะ (2533) สามารถทำให้สุกได้ 2 วิธี คือ รีดผ่านลูกกลิ้ง 2 ลูก ซึ่งให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำหรือไฟฟ้า (Double drum drier) วิธีที่สองแบบเอ็กซ์ทรูชั่น บีบอัดเนื้อปลาผ่านรูเล็กและให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิสูงถึง 200 °ซ ใช้เวลาเพียง 5-10 วินาที คุณค่าทางอาหารจะเสียหายน้อยกว่า เพราะเป็นกระบวนการแบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (ประชา บุญญสิริกุล, 2537) ปลาเส้นที่ผลิตได้ยังมีความชื้นสูง นำไปอบแห้งเพื่อลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 14 จึงนำไปบรรจุถุงพลาสติก

คามาโบโกะ (Kamaboko) เป็นผลิตภัณฑ์ทำจากซูริมิที่มีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศญี่ปุ่น มีมากมายหลายชนิด เมื่อสับผสมซูริมิกับส่วนผสมแล้วให้ความร้อนจะเกิดเจลขึ้นเรียกว่า "คามาโบโกะ" มีความเหนียวและยืดหยุ่นมาก เรียกว่าเกิดแอชชิ (Ashi) ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของคามาโบโกะ โดยทั่วไปคามาโบโกะจะประกอบด้วยเกลือ โซเดียมกลูตาเมต น้ำตาล แป้ง เหล้าสาเกหวาน โพลีฟอสเฟต และน้ำ (Tanikawa, 1985) ผลิตภัณฑ์คามาโบโกะ ในญี่ปุ่นจะขึ้นรูปเป็นครึ่งทรงกลม มีความโค้งมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น คุณภาพของคามาโบโกะที่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพซูริมิที่นำมาผลิต ถ้าซูริมิมีคุณภาพสูง คามาโบโกะจะมีความเหนียวและยืดหยุ่นมาก มีสีขาว การเติมแป้งผสมลงไปจะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น

ชิกูว่า (Chikuwa) เป็นผลิตภัณฑ์จากซูริมิที่นิยมในประเทศญี่ปุ่นเหมือนคามาโบโกะ ส่วนผสมคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างตรงการขึ้นรูป การทำให้สุกโดยนำส่วนผสมซูริมิพันรอบก้านทองเหลืองเป็นรูปทรงกระบอก แล้วนำไปย่าง โดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ หรือแรงงานคน ชิกูว่าที่ได้ลักษณะภายนอกจะแห้งส่วนเนื้อภายในจะมีความฉ่ำ โดยทั่วไปในประเทศญี่ปุ่น ชิกูว่ามีความยาว 13 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 3 ซม. มีน้ำหนัก 112-117 กรัม (Tanikawa, 1985)

2. ผลิตภัณฑ์ชนิดอิมัลชั่น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากซูริมิจะคล้ายกับผลิตภัณฑ์อิมัลชั่นจากเนื้อ โดยเติมไขมันพืชหรือสัตว์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ได้แก่ ไส้กรอกปลา แฮมปลา เป็นต้น สามารถใช้ปลาหลายชนิดเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ปลาซาร์ดีน ปลาทูน่า หรือปลาชนิด

อื่นๆ ร่วมกับซูริมิ ปลาที่มีเนื้อดำมากไม่นิยมนำมาผลิต เพราะมีความสามารถยึดเกาะน้อย และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีแดงปนดำ จึงจำเป็นต้องเติมสารโพแตสเซียมไนเตรท เพื่อให้เนื้อมีสีแดง ในปัจจุบันใช้ไนอะซินเอมายด์ (Niacin amide) ปริมาณร้อยละ 0.03-0.05 โดยไนอะซิน-เอมายด์สามารถจับกับฮีโมโกลบินหรือไมโอโกลบิน เกิดเป็นไนอะซินฮีโมโกลบิน หรือไนอะซินไมโอโกลบิน ซึ่งมีสีแดงสดและทนความร้อน (Tanikawa, 1985) กระบวนการผลิตประกอบด้วยการสับผสมเนื้อปลาหรือซูริมิกับเครื่องปรุงตามสูตรโดยเครื่องสับผสม นำส่วนผสมที่ได้บรรจุลงในแบบหรือไส้ จากนั้นนำไปให้ความร้อนซึ่งหากเป็นแบบเดิมใช้ความร้อน 90 °ซ เป็นเวลา 60 นาที แต่จากรายงานของ Raj และ Chandrasekhar (1986) ใช้ความร้อน 115.6 °ซ ความดัน 4.5 กิโลกรัมต่อเซนติเมตรเป็นเวลา 20 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีขึ้นและสามารถเก็บได้นานกว่าเดิมจาก 3 วัน เป็น 9 วัน ที่อุณหภูมิปกติ หลังจากนั้นนำมาเป่าให้แห้ง แล้วห่อด้วยกระดาษเซลโลเฟน

3. ผลิตภัณฑ์ชนิดเส้นใย กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นี้โดยการนำซูริมิเพสท์มาผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูด เป็นแผ่นหรือเส้นบางๆ ยาวต่อเนื่องกัน ให้ความร้อนจนเกิดเจล แล้วตัดเป็นเส้นใยแล้วห่อรวมกันเป็นรูปร่างลักษณะต่างๆ โดยเครื่อง Rope Former นิยมแต่งสีบนวัสดุที่ใช้ห่อ สีจะซึมลงบนผลิตภัณฑ์ในขณะให้ความร้อน ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ปูเทียม ขาปูเทียม เป็นต้น ซึ่งเป็นอาหารทะเลเทียมที่ได้รับความนิยมบริโภคอย่างกว้างขวาง ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใช้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของซูริมิเป็นเครื่องวัดและปรับปรุง เช่น คุณสมบัติการเกิดเจล ทำอย่างไรจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและยืดหยุ่นพอเหมาะ เป็นต้น

กรรมวิธีการผลิตประกอบด้วยขั้นตอน การปรับอุณหภูมิซูริมิ สับผสมซูริมิกับเครื่องปรุง การขึ้นรูปเป็นแผ่น การตัดม้วนและแต่งสี การบรรจุ วิธีการโดยการนำซูริมิแช่เยือกแข็งมาปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง - 8 ถึง - 4 °ซ โดยใช้น้ำอุ่น 30 °ซ ไหลเวียน 20 นาที หั่นให้เป็นท่อนเล็กๆ เพื่อลดขนาดให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปสับผสมต่อไป (Lanier and Lee, 1992) ในระหว่างการสับผสมซูริมิกับเครื่องปรุง ควรรักษาอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 0-4 °ซ โดยใช้น้ำแข็งบด ระยะเวลาที่ใช้ในการสับผสมจะขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ อุณหภูมิสุดท้ายของซูริมิเพสท์ไม่ควรเกิน 10 °ซ หลังจากนั้นนำไปบรรจุลงในถังเพื่อทำการขึ้นรูปโดยผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูดเป็นแผ่นบางมีความหนาประมาณ 1.3-1.7 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 250 มิลลิเมตร ให้ความร้อน จากนั้นตัดเป็นแผ่นบางๆ และพันเป็นรูปทรงกระบอกตามรูปที่ 2 ก

โดยมีหัวฉีดซูริมิเพสท์ 4 หัว เคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของแผ่นเจลจะเกิดเส้นโค้งบนแผ่นเจล เมื่อถูกม้วนในแนวทแยงมุมจะยึดเกาะติดกันเป็นลักษณะเส้นเชือก ตามรูปที่ 2 ข และห่อด้วยฟิลม์พลาสติกที่ทาด้วยซูริมิผสมสี แล้วให้ความร้อนกับลูกกลิ้ง 4 อัน ตัดขนาดความยาวตามต้องการ (Suzuki, 1985) สำหรับผลิตภัณฑ์ขาปูเทียมจะตัดเป็นแท่งสั้นๆ และจำหน่ายโดยไม่แกะฟิลม์ออก ให้ความร้อนด้วยไอน้ำ 90 °ซ เวลา 30 นาที เพื่อฆ่าเชื้อและทำให้สีติดบนเนื้อซูริมิ ส่วนก้อนเนื้อปูเทียมจะตัดเป็นแท่งยาวประมาณ 2 ฟุต นำไปวางบนตะแกรงให้ความร้อนด้วยไอน้ำเพื่อให้สีติดบนเนื้อซูริมิ ทิ้งให้เย็น ลอกฟิลม์พลาสติกออก หั่นตามขนาดต้องการ (Lanier and Lee, 1992)

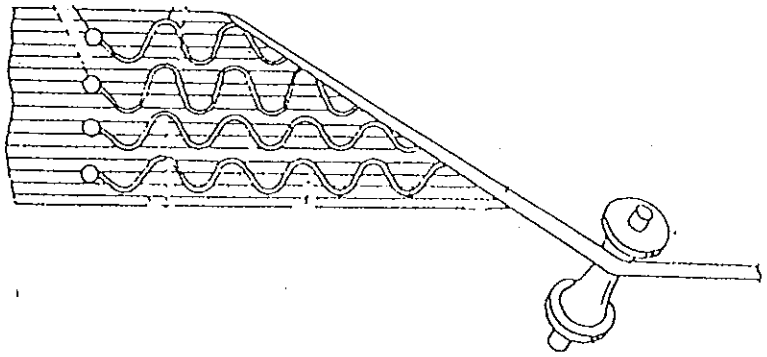
ในการตกแต่งสีปูเทียมสามารถใช้สีผสมอาหาร สีชมพู แดง หรือสีส้ม เพื่อหลีกเลี่ยงการซึมของสีลงในเนื้อชั้นในจะใช้สีละลายในน้ำมัน ส่วนสีชนิดละลายน้ำ Suzuki และ Matsubara (1989) ได้แก้ปัญหาสีซึมโดยให้ความร้อนกับเจลซูริมิที่ทาสีจนสุกก่อนแล้วนำมาห่อรวมกัน ผลิตภัณฑ์ปูเทียมจะบรรจุในภาชนะแบบสุญญากาศซึ่งเป็นที่นิยมมากที่สุด เพราะป้องกันการผ่านของออกซิเจนลดปัญหาการเกิดออกซิเดชั่นและป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี

4. ผลิตภัณฑ์ชนิดขึ้นรูปแบบซับซ้อน ได้จากการนำเจลที่เตรียมได้มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ และผสมกับซูริมิเพสท์ซึ่งทำหน้าที่เกาะยึดทั้งสองส่วนนี้เข้าด้วยกัน เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะพบว่ามีเส้นใยเล็กๆ ผสมอยู่มากมาย รวมตัวกันแน่นและมีความแข็งแรง ลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าผลิตภัณฑ์แบบเส้นใย การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อาจทำโดยการเอ็กซ์ทรูดแล้วนำมาติดเป็นแผ่นหรือเป็นท่อน หรือขึ้นรูปในแบบพิมพ์ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ กุ้งเทียม ขาปูเทียมแบบเอ็กซ์ทรูด เป็นต้น ขั้นตอนการผลิตมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Lee, 1986)

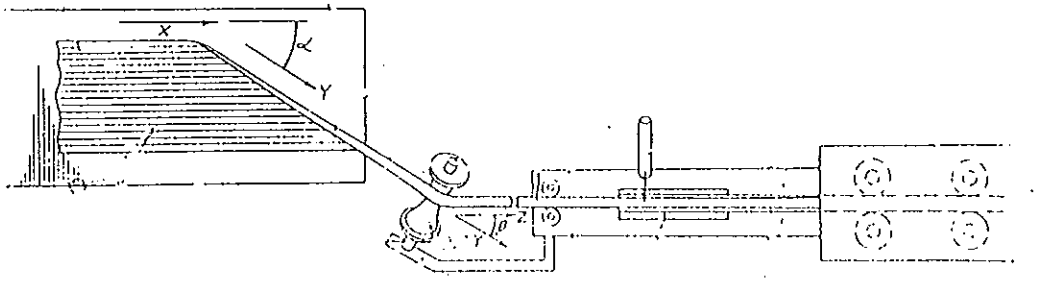
- การเตรียมเส้นใย

นำซูริมิเพสท์ที่ผสมแล้วมาแผ่เป็นแผ่นขนาด 3 x 24 x 36 นิ้ว ทิ้งให้เซ็ทตัวในตู้เย็นหรือให้ความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 30-45 °ซ นาน 1-2 ชั่วโมง หลังจากเจลเซ็ทตัวแล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ (Lanier, 1986) เจลที่เตรียมได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งแรงกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ เพียงอย่างเดียว ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงของเจลไม่มาก อาจเติมสารเพิ่มปริมาณหรือน้ำลงไปเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต (Lanier and Lee, 1992) อย่างไรก็ตามการเซ็ทตัวที่อุณหภูมิ 30-45 °ซ เป็นเวลานาน

เกินไป ลักษณะเนื้อสัมผัสอาจเสียหายได้ ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการเซ็ทตัวของเจลเป็นสิ่งสำคัญ



ก



ข

รูปที่ 2 อุปกรณ์การผลิตปูเทียม

ก การขึ้นรูปปูเทียม

ข การตัดและการห่อฟิลม์พลาสติก

ที่มา : Suzuki (1985)

เจลที่ได้หลังจากสุกแล้วทำให้เย็น นำไปทำให้เป็นเส้นแล้วผ่านเข้าเครื่องหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งขนาดจะเปลี่ยนไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ สำหรับปูเทียมชิ้นของเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสควรมีขนาดกว้าง 0.5-1.0 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 10-50 มิลลิเมตร (Lanier and Lee, 1992) สำหรับกุ้งเทียมหรือกุ้งมังกรเทียม ชิ้นเจลจะมีขนาดหนาน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร กว้าง 5-10 มิลลิเมตร ยาว 30-50 มิลลิเมตร (Sugino and Yamamoto, 1982) เส้นใยหรือชิ้นเจลที่ได้จะนำมาผสมรวมกับซูริมิเพสท์ ซึ่งใช้เป็นตัวประสานโดยปรับอัตราส่วนให้เหมาะสม

- การขึ้นรูปและทำสุก (Shape Forming and Cooking)

การขึ้นรูปของกุ้งเทียมหรือกุ้งมังกรเทียม แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การเอ็กซ์ทรูดแบบเย็น (Cold-extrusion process) และการขึ้นรูปในแบบพิมพ์ (Modeling process) การเอ็กซ์ทรูดแบบเย็น เครื่องปั๊มจะส่งซูริมิเพสท์ลงในแบบพิมพ์กุ้งและถูกตัดด้วยใบมีด เมื่อแบบพิมพ์เปิดออก ตัวกุ้งจะตกลงบนสายพานนำไปให้ความร้อนในภายหลังซึ่งเหมือนกับการผลิตปูเทียม ส่วนการขึ้นรูปในแบบพิมพ์ ทำโดยฉีดซูริมิเพสท์ลงในแบบพิมพ์โลหะรูปกุ้ง ซึ่งประกอบด้วยแบบพิมพ์ 2 ชิ้นประกอบกัน มีช่องว่างด้านในก่อนที่จะอัดซูริมิเพสท์ลงไปจะพ่นสีผสมอาหารลงในช่องว่างของแบบพิมพ์ แล้วให้ความร้อนจากเตาแก๊ส ซูริมิจะเกิดการเซ็ทตัวบางส่วน เมื่อเปิดแบบพิมพ์ออกกุ้งเทียมจะตกลงบนสายพาน เป็นการขึ้นรูปตัวกุ้งโดยใช้ความร้อนก่อนนำไปให้ความร้อนโดยการย่างและนึ่งไอน้ำตามกรรมวิธีการผลิตต่อไป (Kanawa, 1988)

3. กุ้งเทียม : ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากซูริมิ

คนส่วนมากชอบบริโภคกุ้งเพราะมีปริมาณไขมันน้อย กลิ่นไม่รุนแรง ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติดี (Sugino and Yamamoto, 1982) เมื่อปริมาณกุ้งที่จับในน่านน้ำลดลงจึงไม่สามารถสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เพียงพอ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะผลิตกุ้งเทียมขึ้น โดยแรกเริ่มเป็นการนำเศษเนื้อกุ้งหรือกุ้งขนาดเล็ก ซึ่งผู้บริโภคต้องการน้อยกว่านำมาขึ้นรูปใหม่เป็นอาหารทะเลในชั้นที่สอง (Secondary Seafood Products) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสแตกต่างไปจากเดิม เพราะมีการสูญเสียกลิ่นรสและคุณค่าทางอาหารในระหว่างการให้ความร้อน กลิ่นรสบางส่วนจะสูญเสียโดยการระเหยซึ่งจะเป็นจุดวิกฤตของรสชาติ กลิ่น และความพอใจ ด้วยเหตุนี้ทำให้มูลค่าทางการตลาดของอาหารนำมาขึ้นรูปใหม่ลดลง (Hice and Webb, 1981)

การผลิตกุ้งเทียมจากซูริมิ โดยการสับผสมซูริมิให้เป็นซูริมิเพสท์ผสมกับเครื่องปรุงและกลิ่นรสให้มีลักษณะคล้ายกุ้ง หรือเติมเศษเนื้อกุ้ง และกลิ่นกุ้งสกัดจะได้เนื้อกุ้งเทียมที่มีกลิ่นรสเหมือนกับเนื้อกุ้งแต่ลักษณะเนื้อสัมผัสยังไม่ดีพอจึงต้องมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น (Sugino and Yamamoto, 1982) โดยตามธรรมชาติเนื้อกุ้งจะประกอบด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 100 ไมครอนจำนวนมากมัดรวมกัน เมื่อกัดเนื้อกุ้งหรือตัดส่วนเนื้อกุ้งจะมีแรงต้าน โดยมีความเค้นมาก (stronger stress) และความเครียดน้อย (weaker strain) เป็นเหตุให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความกรอบ (cripsness) รวมกับความยืดหยุ่น (elastic) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธีเดียวกับการผลิตปูเทียมมาผลิตกุ้งเทียมได้ และปัจจุบันยังไม่มีวิธีทำเส้นใยให้มีขนาดเล็กระดับไมครอนและรวมเข้าเป็นชิ้นเดียวกัน ดังนั้นการผลิตกุ้งเทียมจะเตรียมเนื้อกุ้งเทียมให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสตามประสบการณ์ของผู้บริโภค แต่เนื้อปลาเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเตรียมเนื้อกุ้งเทียมได้ จึงมีการศึกษาเติมวัสดุเส้นใยผสมลงไป

Sugino และ Yamamoto (1982) ได้ศึกษาการใช้วัสดุเส้นใยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้ง โดยผลิต modified manan gel โดยนำผง manan ความเข้มข้นร้อยละ 2.5-12 ผสมกับแป้ง ปรับพีเอชเป็น 10.5 เพื่อเกิดเจลสูงสุด นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ - 20 ถึง - 30 °ซ นาน 3 - 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาดหนา 1-3 มิลลิเมตร กว้าง 15-30 มิลลิเมตร ยาว 20-50 มิลลิเมตร เติมลงไป 0.2-2 ส่วนต่อน้ำหนักเนื้อปลาบดหนึ่งส่วน ผลการศึกษาพบว่าเจลที่เตรียมขึ้นสามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสเนื้อปลาให้คล้ายเนื้อกุ้งได้

Sasamoto และคณะ (1987) ศึกษาการใช้วัสดุเส้นใยที่เตรียมจากเนื้อปลาบดผสมกับแป้งชนิดต่างๆ เช่น แป้งสาลี แป้งมันฝรั่ง แป้งถั่วเขียว แป้งข้าวเจ้า เป็นต้น นำส่วนผสมที่ได้มาทอดในน้ำมันพืชร้อน 160-200 °ซ นาน 2-10 วินาที จนพองตัวได้เส้นใยกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.5 มิลลิเมตร ทำการผสมวัสดุเส้นใยที่เตรียมได้ 6-15 ส่วนต่อเนื้อปลาบดปรุงรส 100 ส่วน จะได้ส่วนผสมเนื้อกุ้งเพื่อใช้ผลิตเป็นกุ้งเทียม

Kanawa (1988) ได้พัฒนาเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม โดยใช้เนื้อปลาบดมาผสมเติมกลิ่นกุ้งขึ้นรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าบางๆ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 °ซ นาน 20 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของแผ่นเจล หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ นาน 30 นาที หั่นเจลที่ได้มีขนาดกว้าง 5-15 มิลลิเมตร ยาว 30-70 มิลลิเมตร หนา 0.5-1.0 มิลลิเมตร เติมสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 10 ลงในเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้ปริมาณสาร

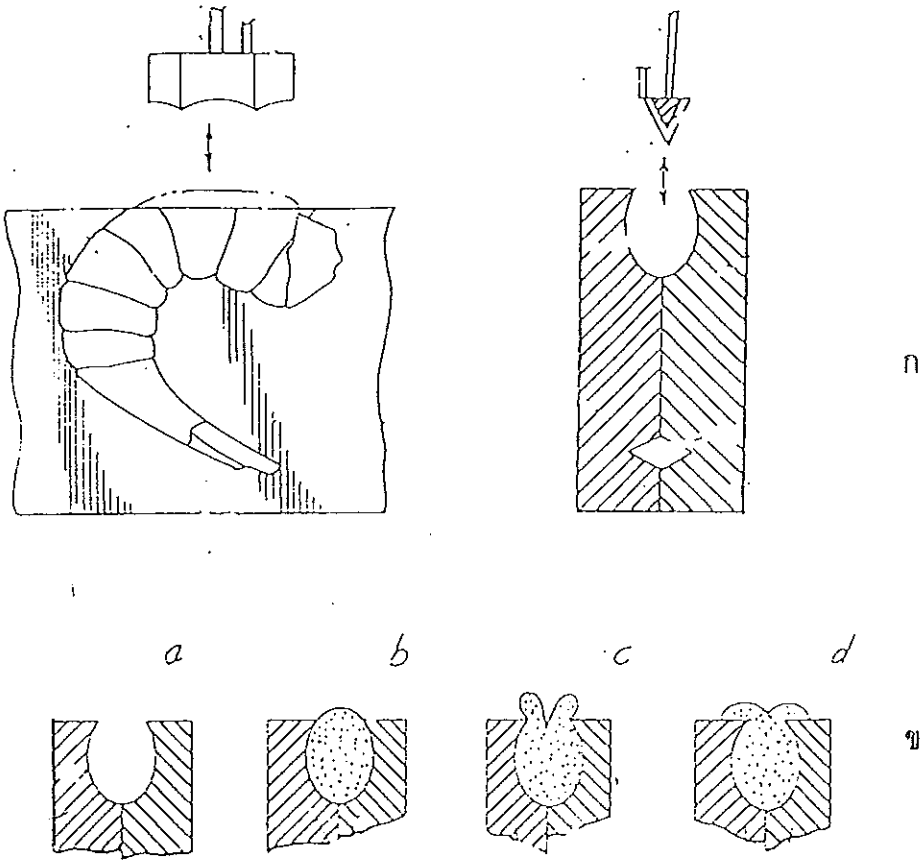
ละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 ของน้ำหนักเจล คลุกให้เข้ากันทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที ผสมเจลกับเนื้อปลาบดแต่งกลิ่นรสทันทีในอัตราส่วน 35 ต่อ 65 โดยน้ำหนัก จะได้เนื้อกุ้งเทียม

นอกจากลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตกุ้งเทียมแล้ว การพัฒนาลักษณะรูปร่างกุ้งเทียมให้เหมือนตัวกุ้งจริงโดยใช้วิธีต่างๆ ก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกัน Sugino และ Yamamoto (1982) ได้ศึกษาและพัฒนาลักษณะรูปร่างกุ้งเทียม โดยนำส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียมมาทำเป็นแผ่นให้มีความหนา 10 มิลลิเมตร นึ่งด้วยไอน้ำ จนเนื้อกุ้งเทียมสุกแล้วนำไปขึ้นรูปโดยกดแบบพิมพ์ตัวกุ้งลงบนแผ่น แต่พบว่ามีข้อเสียคือการสูญเสียเนื้อกุ้งเทียมมาก

Ikeuchi และ Ikeuchi (1987) พัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแบบผีเสื้อ โดยใช้เครื่องมือรูปตัววีกรีดหลังกุ้งในแบบพิมพ์ เมื่อให้ความร้อนและถอดแบบพิมพ์จะได้กุ้งเทียมแบบผีเสื้อ (รูปที่ 3)

Kanawa (1988) และ Matsubara (1990) ได้ร่วมกันพัฒนาแบบพิมพ์สำหรับผลิตกุ้งเทียม ประกอบด้วยแบบพิมพ์โลหะที่มีช่องว่างรูปตัวกุ้งและช่องระบายอากาศ เพื่ออัดส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียมลงในแบบพิมพ์ (รูปที่ 4 และ 5) เมื่อให้ความร้อนระดับหนึ่งส่วนผสมจะเกิดเป็นเจลบางส่วนที่สามารถถอดออกจากแบบพิมพ์ได้โดยง่าย การใช้เครื่องมือดังกล่าวจะได้กุ้งเทียมที่มีรูปร่างเหมือนจริงและมีการสูญเสียน้อย นอกจากนี้ Ikeuchi และ Ikeuchi (1987) ได้ศึกษาเพื่อให้ลวดลายสีกุ้งเทียมมีลักษณะคล้ายกุ้งต้มปอกเปลือก และทดลองสร้างสีในผลิตภัณฑ์เลียนแบบชนิดต่างๆ เช่น ก้ามปูเทียม ขาปูเทียม เป็นต้น โดยเคลือบสีบนแผ่นฟิล์มโพลีเอทธิลีนที่ใช้หุ้มเนื้อปลาบด เมื่อถูกความร้อนจากการต้มหรือนึ่ง สีจะติดลงในเนื้อผลิตภัณฑ์เลียนแบบ สำหรับกุ้งเทียมจะฉีดสีลงในแบบพิมพ์ก่อนที่จะฉีดส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียม เมื่อให้ความร้อนสีจะติดในเนื้อผลิตภัณฑ์

ในการผลิตกุ้งเทียมเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ รูปร่าง และสีเหมือนกุ้งจริง ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียม เวลาการนวดผสม ขนาดของเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ชนิดและปริมาณกลิ่นรส เป็นต้น



รูปที่ 3 ลักษณะแบบพิมพ์กุ้งเทียมและเครื่องมือผลิตกุ้งเทียมแบบผีเสื้อ

ก แบบพิมพ์กุ้งเทียม และเครื่องมือรูปตัววี

ข ลักษณะการทำงานของแบบพิมพ์กุ้ง

a แบบพิมพ์ว่าง

b เติมเนื้อกุ้งเทียม

c เครื่องมือรูปตัววีกรีดหลังกุ้งเทียม

d ให้ความร้อนกับแบบพิมพ์และกุ้งเทียม

ที่มา : Ikeuchi และ Ikeuchi (1987)

ส่วนผสมของเนื้อกุ้งเทียมที่ทำจากซูริมิที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ชนิดและปริมาณแป้ง ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ การใช้แป้งในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ซูริมิจะเพิ่มการยืดเกาะและความแข็งแรงของเจลซึ่งสามารถวัดจากแรงเจาะทะลุ (penetration force) แต่ลดความยืดหยุ่นของเจลลงไปซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไป ส่วนความชื้นในผลิตภัณฑ์มีผลต่อความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมละลาย ถ้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นมากจะมีความคงทนน้อย การเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น แป้ง ซอร์บิทอล น้ำตาล จะช่วยลดปริมาณน้ำที่สูญเสีย (drip loss) ลงได้ โดยทั่วไปเราสามารถปรับความเหนียวและความฉ่ำของผลิตภัณฑ์ได้ โดยควบคุมปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ระหว่างร้อยละ 72-78 โดยน้ำหนัก (Lee, 1986)

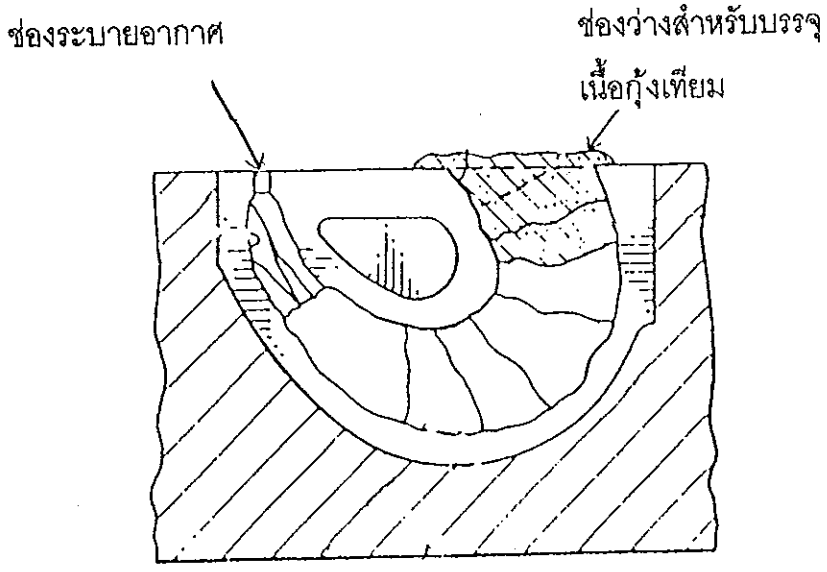
เวลาการนวดผสมมีความสำคัญเพื่อให้ส่วนผสมทุกอย่างเข้ากันได้ดี โดยขั้นแรกจะสับผสมซูริมิให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนโดยใช้เวลาประมาณ 2 นาที หลังจากนั้นเติมเกลือลงไปเพื่อทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลลาคลายตัวและเกิดเป็นร่างแหที่อุณหภูมิต่ำ สับผสมต่อไปจนได้ซูริมิเพสท์ เติมเครื่องปรุงที่เหลือตามสูตร (Kanawa, 1988 ; Matsubara, 1990) เวลาที่ใช้สับผสมควรมีความเหมาะสมให้เครื่องปรุงเข้ากันได้ดี เมื่อนำไปทำให้เกิดเจลเนื้อเมตริกซ์จะมีความสม่ำเสมอ เวลาการสับผสมไม่ควรจะนานเกินไปเพราะอาจทำให้โปรตีนเสียสภาพเนื่องจากความร้อนในระหว่างการสับผสม ดังนั้นในระหว่างการสับผสมจึงควรควบคุมให้อุณหภูมิต่ำประมาณ 8 °ซ โดยใช้น้ำแข็งช่วยหรือใช้เครื่องสับผสมที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ (Suzuki, 1981 ; Lanier and Lee, 1992)

เจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อผสมกับซูริมิเพสท์ จะกระจายตัวอยู่ในส่วนผสมของเนื้อกุ้งเทียม โดยสามารถทราบถึงความแตกต่างเมื่อเคี้ยว เพราะแรงต้านทานจะต่างจากการไม่มีเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสผสมอยู่ Sugino และ Yamamoto (1982) ทดลองเติมเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร ในอัตราส่วน 0.2-0.4 ส่วนต่อซูริมิเพสท์ 1 ส่วน Kanawa (1988) เติมเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสขนาดกว้าง 5-15 มิลลิเมตร ยาว 30-70 มิลลิเมตร หนา 0.5-1.0 มิลลิเมตร อัตราส่วนเจล 35 ต่อ 65 โดยน้ำหนักซูริมิเพสท์ เมื่อผ่านการให้ความร้อนเกิดเจลแล้วจะได้เนื้อกุ้งเทียมมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหมือนกุ้งธรรมชาติ

อุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อน มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์จากซูริมิ ดังนั้นการใช้อุณหภูมิพอเหมาะจะได้ลักษณะเนื้อสัมผัสตามต้องการ ตัวอย่างเช่น การผลิต

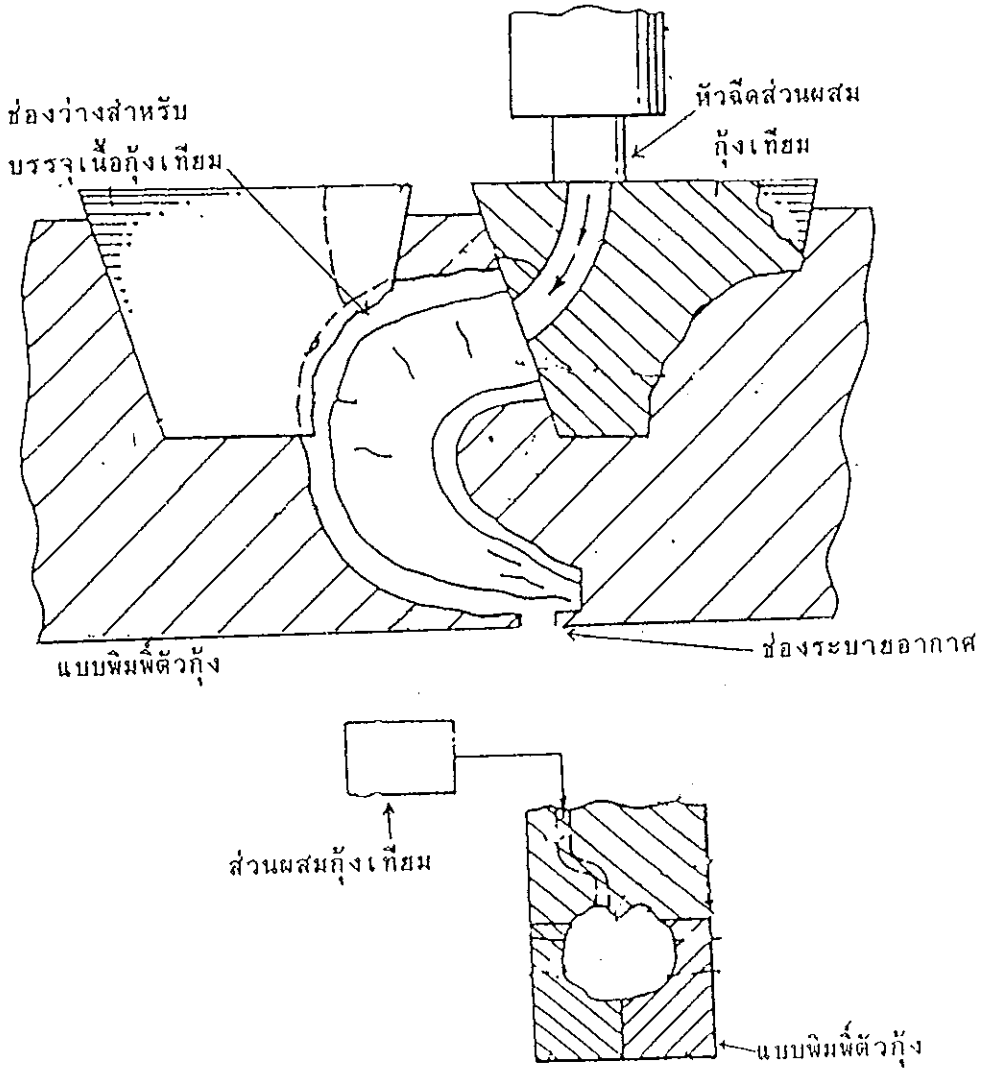
CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

ผลิตภัณฑ์เส้นใย (fiberized) จะมีการให้ความร้อน 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกเส้นใยจะถูกให้ความร้อนเพียงพอที่จะขึ้นรูปร่างได้ไม่เหนียวติดกัน หลังจากนั้นมัดเส้นใยรวมเข้าด้วยกัน แล้วให้ความร้อนขั้นที่สองเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์สุก โดยจะใช้ความร้อนแห้งจากเตาก๊าซหรือเตาไฟฟ้า หรือความร้อนชื้นจากไอน้ำเพื่อป้องกันผิวแห้ง ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบพิมพ์ และผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบซับซ้อน ซึ่งได้แก่ กรรเชียงปูเทียม กุ้งเทียม การให้ความร้อนขั้นสุดท้ายเป็นขั้นตอนสำคัญ การให้ความร้อนต้องเพียงพอให้ผลิตภัณฑ์สุกและแป้งเกิดเจลาติไนซ์อย่างสมบูรณ์ การให้ความร้อนมากเกินไปเนื้อสัมผัสจะหยาบกระด้างและเหนียวเหมือนยาง การให้ความร้อนหรือความเย็นไม่เพียงพอในระหว่างการแช่เยือกแข็งจะเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสเป็นรูพรุน และมีปริมาณน้ำที่สูญเสียสูง เว้นแต่จะได้ใช้สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Lee , 1986)



รูปที่ 4 แบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกุ้งเทียม

ที่มา : Kanawa (1988)



รูปที่ 5 แบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปกุ้งเทียม

(บน) ภาพตัดขวางตามยาวของแบบพิมพ์

(ล่าง) ภาพตัดขวางตามกว้างของแบบพิมพ์

ที่มา : Matsubara (1990)

เทคนิคการผลิตกุ้งเทียมดังที่กล่าวมาแล้วสามารถสร้างลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งได้ ส่วนกลิ่นรสเป็นจุดสำคัญที่ต้องการพัฒนา การใช้กลิ่นรสสกัดจากธรรมชาติจะเป็นที่ยอมรับมากกว่า แต่จะมีปัญหาในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสารประกอบที่ให้กลิ่นรสที่สำคัญ ได้แก่ เอมีนขนาดเล็ก สารประกอบไนโตรเจนและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสได้ง่าย กลิ่นรสที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เลียนแบบจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดขอบเขตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สำหรับสูตรส่วนผสมกุ้งเทียมในการทดลองนี้จะใช้สูตรของ AFDF (1987) เป็นสูตรพื้นฐานเพราะใช้เนื้อปลาบดเป็นวัตถุดิบหลัก รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมสูตรกุ้งเทียมพื้นฐาน

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อปลาบด (Surimi SA grade)	1000
เกลือโซเดียมคลอไรด์	25
น้ำแข็งบด	200
น้ำตาลซูโครส	50
แป้งมันฝรั่ง	70
ผงชูรส	5
ไรโบไทด์	0.1
ไกลซีน	1
โซเดียมซัคซิเนท	0.3
กลิ่นรสกุ้งสกัด (Shirmp extract)	20
กลิ่นรสกุ้ง (Shirmp flavour)	2
สี	เท่าที่ต้องการ

ที่มา : AFDF (1987)

4. ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

นอกจากซูริมิที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักของการผลิตกุ้งเทียม ซึ่งสามารถให้คุณสมบัติเนื้อสัมผัสที่เป็นเจลได้ แต่มีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมละลายต่ำ จึงมีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ ลงไปในซูริมิเพสท์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของการอุ้มน้ำและการเกิดไฮโดรเจล (Hydrogel) คุณสมบัติของส่วนประกอบในระหว่างการให้ความร้อนและแรงกระทำระหว่างส่วนประกอบกับโปรตีนซูริมิมีความสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติเนื้อสัมผัส ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตกุ้งเทียม ได้แก่ แป้ง ไกลซีน ฟอสเฟต สารเพิ่มกลิ่นรส กลิ่นรสกุ้ง โซเดียมซัคซิเนท กรดซิตริก น้ำตาล และสีผสมอาหาร

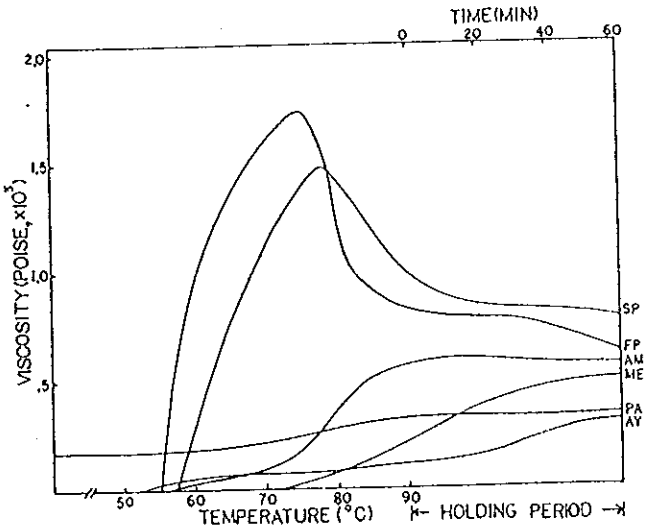
ก. แป้ง

ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากซูริมิมีการใช้แป้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ เพราะแป้งมีความสามารถในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ปรับปรุงความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมละลายของผลิตภัณฑ์ได้หลายครั้งในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การเติมแป้งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มความคุ้มค่าทางเศษฐกิจอีกด้วย (Lee, 1984) แป้งที่นิยมใช้มีหลายชนิด ได้แก่ แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งดัดแปร เป็นต้น

การเลือกชนิดของแป้งเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์มีความสำคัญเนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการไหล ในสภาวะที่เกิดเจลาติไนซ์และปริมาณอะไมโลเพคตินแตกต่างกัน โดยในระหว่างการให้ความร้อนเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำจากซูริมิและเกิดการพองตัว แทรกตามช่องว่างของโครงสร้างโปรตีนมีผลให้โครงสร้างของซูริมิแข็งแรงขึ้น แป้งจะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มปริมาณ (filler) จะไม่ทำปฏิกริยาโดยตรงกับโปรตีนซูริมิ แป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงจะมีความหนืดและความสามารถในการจับน้ำได้ดี ส่งผลให้เจลซูริมิมีความแข็งแรง มีความแน่น และการยึดเกาะมากขึ้น

จากการศึกษาของ Kim และ Lee (1987) ได้ทดลองคุณสมบัติของแป้งทางการค้าที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินแตกต่างกัน คือ Amioca (Am), Melojel (ME), Hylon V (Hy V), Hylon VII (Hy VII) จาก Nation Strach Company (Bridge Water, NJ) ซึ่งมีปริมาณอะไมโลเพคตินร้อยละ 100, 75, 50, 25 ตามลำดับ และ Aytex P (Ay) เป็นแป้งสาลี Paygel 290 เป็นแป้งสาลีพรีเจลาติไนซ์ (PA) จาก Henkel Coporation (Minneapolic, MN) Spring potato (SP) และ

Fall potato (FP) พบว่าเมื่อละลายแป้งความเข้มข้นร้อยละ 10 และให้ความร้อนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอัตรา 2 °ซ ต่อนาที จนอุณหภูมิ 90 °ซ สารละลายแป้ง Amioca ซึ่งมีอะไมโลเพคตินร้อยละ 100 จะมีความหนืดสูงกว่าแป้งชนิดอื่น แต่มีความหนืดรองจากแป้ง Spring Potato และ Fall Potato ตามรูปที่ 6 ส่วนแป้ง Hylon V และ Hylon VII ไม่มีการพองตัวจึงไม่สามารถวัดความหนืดได้



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งเข้มข้นร้อยละ 10 ของแป้งชนิดต่างๆ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 2 °ซ จนถึง 90 °ซ

ที่มา : Kim และ Lee (1987)

นอกจากนี้การเติมแป้งลงไปในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากซูริมิมีผลต่อความแข็งแรงเจลของผลิตภัณฑ์ โดยแป้ง Amioca มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดและค่าความแข็งแรงเจลลดลงเมื่อปริมาณอะไมโลเพคตินในแป้งลดลง อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงเจลจะมีค่าต่ำกว่ากรณีไม่เติมแป้งในผลิตภัณฑ์ (Kim and Lee, 1987)

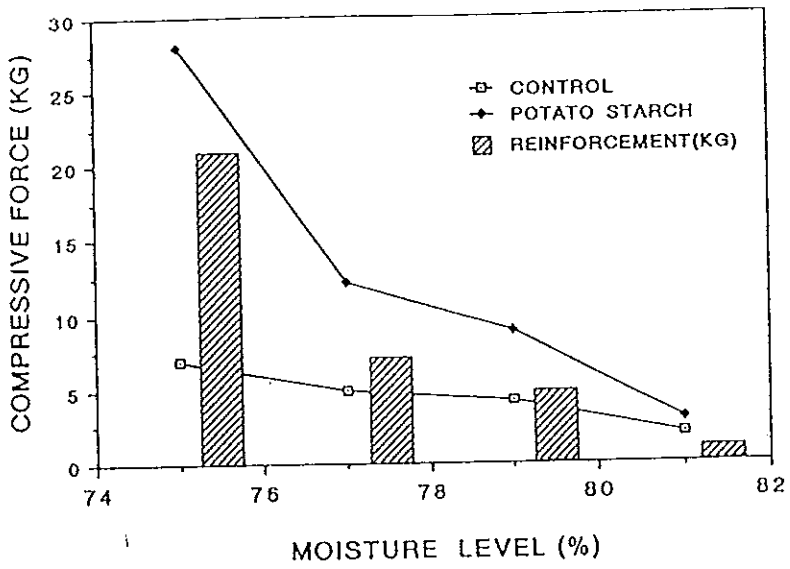
การเติมแป้งในผลิตภัณฑ์ยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการยึดเกาะของเจล โดยพบว่าแป้งมันฝรั่งจะให้เจลที่ยึดเกาะกันแน่นที่สุด ส่วนแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินต่ำจะให้เจลที่อ่อนและเปราะบาง แต่มีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมละลาย โดยให้ของเหลวที่ละลายออกมาน้อย และลักษณะยึดเกาะน้อยกว่าแป้งมันฝรั่ง (Lanier and Lee, 1992) โดยทั่วไปอาจเติมแป้งได้ประมาณร้อยละ 5-8 ของน้ำหนักซูริมิมีผลทำให้แรงอัด (Compressive Force) และแรงเจาะทะลุ (Penetration Force) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่การเติมแป้งปริมาณมากกว่าร้อยละ 8 จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียว และลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มมากขึ้น

ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากซูริมิ มีการใช้แป้งดัดแปรที่ผ่านปฏิกริยา Hydroxy-propylation หรือ Acetylation แป้งที่ได้จะเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลมีผลให้ความแข็งแรงเจล ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง และการหลอมละลายของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ส่วนการใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์ ในผลิตภัณฑ์จากซูริมิมักจะไม่ค่อยนิยมเพราะทำให้เจลที่ได้มีเนื้อสัมผัสนิ่มเปราะ ไม่แข็งแรง อาจเนื่องจากแป้งพรีเจลาติไนซ์เมื่อได้รับความร้อนจะกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ เพราะลักษณะโครงสร้างเม็ดแป้งได้ถูกทำลายโดยขั้นตอนเจลาติไนซ์ก่อนหน้านั้นแล้ว เจลของผลิตภัณฑ์เมื่อเติมแป้งชนิดนี้จึงมีลักษณะเป็นโพรง กระจายไม่สม่ำเสมอ (Chung and Lee, 1991) ส่วนแป้งที่ยังไม่เกิดเจลาติไนซ์เม็ดแป้งยังคงอยู่สภาพเดิม เมื่อได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำพองโตขึ้นมีลักษณะยืดหยุ่นและทนต่อแรงกระทำได้ดีมีผลให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น (Suzuki, 1981) ดังนั้นในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมซึ่งไม่ต้องการลักษณะเจลที่แข็งแรงและเหนียวมากเกินไปจึงใช้แป้งมันฝรั่งผ่านการดัดแปร เพราะให้เจลมีการยึดเกาะดีและมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งดี

การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์จากซูริมิเพื่อให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และเวลาการให้ความร้อน เมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 75 ถึง 81 ค่าความแตกต่างความแข็งแรงเจล (reinforcement) ระหว่างผลิตภัณฑ์ที่เติมแป้งมันฝรั่งกับไม่เติมมีความแข็งแรงต่างกัน ลดลงจนเหมือนกับไม่มี

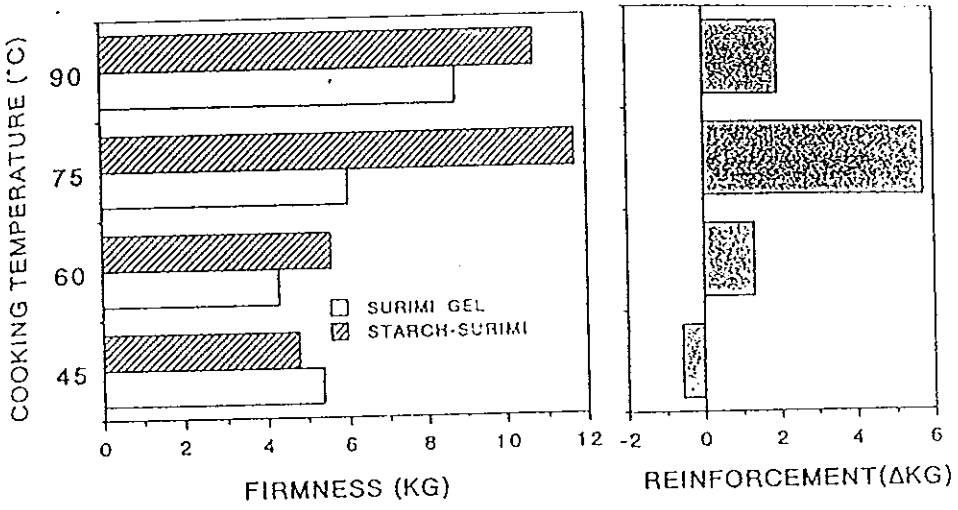
การเติมแป้งลงไป (รูปที่ 7) (Lanier and Lee, 1992) เนื่องจากที่ระดับความชื้นต่ำเม็ดแป้งจะมีการกระจายตัวอย่างแน่นหนาและมีผลให้เกิดความยืดหยุ่นสูงกว่าที่ที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิการให้ความร้อนมีผลต่อความแข็งแรงเจลเช่นกัน เมื่อใช้แป้งมันฝรั่งความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 75 °ซ อย่างชัดเจน เนื่องจากแป้งมีการพองตัวบางส่วนแต่ที่อุณหภูมิ 90 °ซ แป้งจะพองตัวเต็มที่ ในขณะที่อุณหภูมิ 45 และ 60 °ซ ไม่มีการเจลาติไนซ์ (รูปที่ 8) จากรูปถ่ายด้วยกล้องจุลทัศน์ (รูปที่ 9) ที่อุณหภูมิต่ำ (45 และ 60 °ซ) เม็ดแป้งไม่เกิดการพองตัว แต่ที่อุณหภูมิ 75 °ซ เม็ดแป้งจะพองตัวบางส่วน และที่อุณหภูมิ 90 °ซ เม็ดแป้งมีการพองตัวสูงสุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งแรงเจลสูงสุด นอกจากนี้น้ำตาลซูโครสอาจรบกวนการเกิดเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้ง โดยเฉพาะการใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงมีผลทำให้เกิดแรงดันออสโมซิสมากขึ้น เม็ดแป้งจะพองตัวได้น้อยลง (Furia and Bellaca, 1975)

ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากซูริมิในทางการค้า นิยมใช้แป้งมันฝรั่งเพราะให้เจลที่แข็งแรงกว่า อย่างไรก็ตามแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวโพดมีข้อดีคือจะมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมละลายดีกว่า โดยปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการหลอมละลายมีปริมาณน้อยกว่า และลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงน้อยกว่า การใช้แป้งดัดแปรมีแนวโน้มที่จะเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำและเกิดการพองตัวของเม็ดแป้งได้ดีที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้แป้งดัดแปรในผลิตภัณฑ์ซูริมิ ทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการแช่เย็นมีความเหนียว แม้ว่าจะลดลงเมื่อผ่านการแช่เยือกแข็ง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความฉ่ำน้อยเพราะว่าเม็ดแป้งดัดแปรเกิดการพองตัวและดูดความชื้นได้ดี Lanier และ Lee (1992) ได้เสนอแนวทางแก้ไขโดยใช้แป้งไม่ผ่านการดัดแปรกับแป้งดัดแปรผสมกันในอัตราส่วนเท่ากันในผลิตภัณฑ์จากซูริมิจะช่วยลดความแข็งกระด้างเนื่องจากเม็ดแป้งดัดแปรดูดความชื้นได้



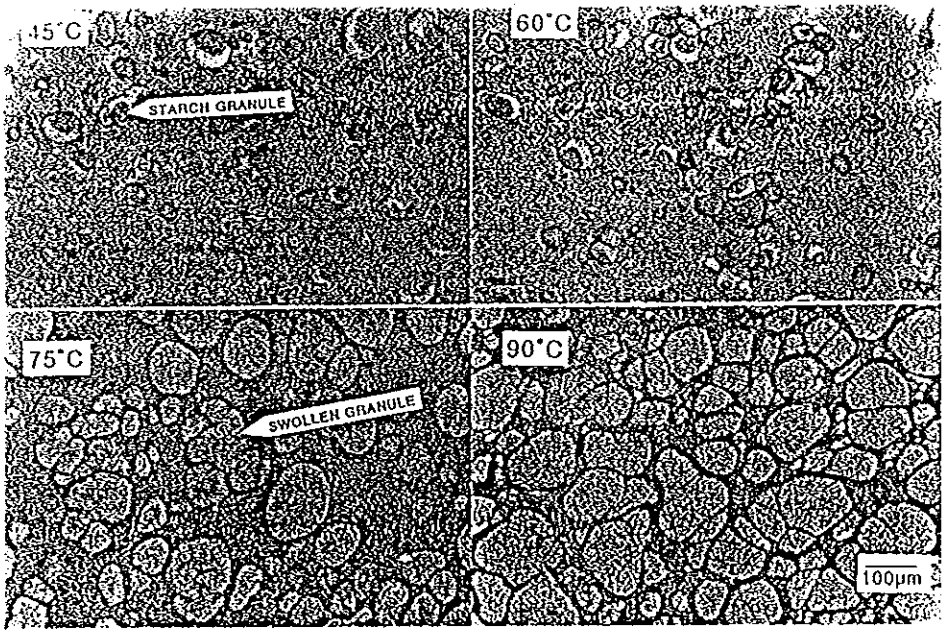
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความแข็งแรงของเจลของซูริมิ

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)



รูปที่ 8 ความแข็งแรงเจลของซูริมิเมื่อเติมแป้งและไม่ได้เติมที่อุณหภูมิทำสุกต่างๆ

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)



รูปที่ 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทัศน์ของเม็ดแป้งมันฝรั่งในเจลซูริมิที่อุณหภูมิทำสุกต่างๆ โดยเติมแป้งปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักซูริมิ

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)

ข. ไกลซีน

ไกลซีน (NH_2-CH_2-COOH) เป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง ลักษณะเป็นผงสีขาว จุดหลอมเหลว 232-236 °ซ ละลายน้ำได้ดี ละลายในแอลกอฮอล์ ได้เล็กน้อย สามารถพบได้ในอาหารทั่วไป เช่น กุ้งมีปริมาณร้อยละ 2.5 ปูมีปริมาณร้อยละ 1.3 หอยมีปริมาณร้อยละ 1.8 และปลามีปริมาณร้อยละ 0.6 การเติมไกลซีนในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจะช่วยเพิ่มปริมาณไกลซีนให้ใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในกุ้งธรรมชาติ นอกจากจะเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์แล้ว ยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส ลดการยึดเกาะและความแข็งแรงเจลลงไม่ให้มีลักษณะเหนียวเหมือนยาง ที่เป็นเช่นนี้เพราะไกลซีนจะไปขัดขวางการเกิด Cross link ของแอคโตมัยซิน (Lanier and Lee, 1992) เมื่อเติมไกลซีนลงไปในผลิตภัณฑ์จากซูริมิจะช่วยการอุ้มน้ำดีขึ้นในระหว่างการให้ความร้อน (Chung and Lee, 1990) สำหรับหน้าที่ของไกลซีนในอาหารโดยทั่วไปมีดังนี้ (จากเอกสารการ ใช้ไกลซีนในอาหารของ Showa Co., Ltd., 1990)

- ให้ความหวาน โดยมีรสหวานอ่อนๆ เมื่อเทียบกับซูโครสมีความหวาน 0.70 เท่า
- เพิ่มความน่ารับประทาน ทำหน้าที่เหมือนเครื่องปรุงรสหลายชนิด เช่น โมโนโซเดียมกลูตาเมต, 5-นิวคลีโอไทด์ และกรดอินทรีย์ เป็นต้น
- มีความสามารถเป็นวัตถุกันหืน โดยสามารถจับกับอิออนของโลหะได้ โดยไกลซีนมีความแรงกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่น สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นใน อาหารได้
- มีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลายชนิด เช่น Bacillus subtilis และ Escherichia coli เป็นต้น โดยทั่วไปจะใช้ในปริมาณร้อยละ 1.0 ต่อน้ำหนักซูริมิเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา

ค. ฟอสเฟต

ฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่พบได้ในอาหารทั่วไปและมีความจำเป็นต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ฟอสเฟตอาจเตรียมได้จากกระดูกสัตว์นำมาป่นหรือการทำปฏิกริยาระหว่างกรดฟอสฟอริกกับอิออนโลหะ สารฟอสเฟตได้รับการรับรองให้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ปลอดภัย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารทะเลได้กำหนดชนิดของฟอสเฟตและปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์จากซูริมิ โดยสามารถใช้ในรูปของโซเดียมโพลีฟอสเฟต ไพโรฟอสเฟต ไตรโซเดียมฟอสเฟต อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกินร้อยละ 0.5 (คำนวณเป็นฟอสเฟตเพนตะออกไซด์) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) โดยปกติใช้ใน

ระดับร้อยละ 0.2-0.3 เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตมีคุณสมบัติหลายประการที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์จากซูริมิมีคุณภาพดีขึ้น (Dziezak, 1990)

Roussel และ Cheftel (1990) พบว่าเมื่อเติมโซเดียมไพโรฟอสเฟต หรือ โซเดียม-ไตรโพลีฟอสเฟต ในปริมาณ 30 มิลลิโมลต่อซูริมิเพสท์หนึ่งกิโลกรัม ค่าความแข็งแรงเจลมีค่าเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมที่ไม่เติมสารประกอบฟอสเฟต จาก 91.9 เป็น 107.9 และ 135.7 นิวตัน-มิลลิเมตร ตามลำดับ และพบว่าการใช้ฟอสเฟตมีผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลมากขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee และ Toledo (1979) ที่ทดลองในไส้กรอกปลา ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งแรงขึ้น โปรตีนในปลาจับตัวได้ดีโดยฟอสเฟตจะรวมตัวกับแป้งแล้วช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับตัวของโปรตีน นอกจากนี้ถ้าเติมแมกนีเซียมอิออนลงไปจะทำให้โปรตีนแอคโตไมโอซินกระจายอย่างสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเจลเพิ่มขึ้น (Suzuki, 1981) เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟตเป็นโพลีอิเลกโตรไลท์ที่สามารถให้ประจุลบมากกว่า 1 เมื่อนำมาผสมกับส่วนประกอบอื่น เช่น โปรตีน แป้ง เกลือ จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (protein-phosphate-salt complex) ผลิตภัณฑ์มีความสามารถอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนประกอบในอาหารมีการกระจายและคงตัวดีขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2529)

การเติมฟอสเฟตลงในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยป้องกันการหืนและการเปลี่ยนสี เนื่องจากฟอสเฟตสามารถทำปฏิกริยากับอิออนโลหะ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก ที่มีอยู่ในอาหารหรือเกิดจากการปนเปื้อนจากน้ำหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและได้ผลดียิ่งขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมซัคซิเนทซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2536)

ง. สารเพิ่มกลิ่นรส (Flavour Enchancer)

เป็นสารที่เติมลงในอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นรสดั้งเดิมของอาหาร เริ่มมีการค้นคว้าและใช้ประโยชน์เป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น ใช้สาหร่ายแห้ง Kombeu (*Laminaria japonica*) นำมาเตรียมเป็นแกงจืดสามารถเพิ่มกลิ่นรสได้ ในปีคศ. 1908 สามารถแยกสกัดกรดกลูตามิกจากสาหร่าย Kombu bouillon และเรียกรสชาติของกรดกลูตามิกว่า อูมามิ (umami) เป็นรสชาติพื้นฐานนอกเหนือจากรสเดิมคือ หวาน เปรี้ยว ขม และเค็ม ต่อมาสามารถสกัดกรดกลูตามิกจากกลูเต็นข้าวสาลี นำมาผลิตเป็นโมโนโซเดียมกลูตาเมต (MSG) ผลิตออกจำหน่ายทั่วโลก ในปีคศ. 1960 สามารถสกัด 5-Guanylate จากเห็ด shitake ให้รสอูมามิมีคุณสมบัติในการเพิ่มกลิ่นรสอาหารเหมือนกัน นอกจากนี้พบว่ากรดนิวคลีอิกและกรดอะมิโน

หลายชนิดสามารถใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสได้ โดยเทียบให้โมโนโซเดียมกลูตาเมตมีความเข้มของรสอูมามิเท่ากับหนึ่ง (Branen, *et al.*, 1990)

สารเพิ่มกลิ่นรสกลูตาเมตและนิวคลีโอไทด์ พบได้ในอาหารทั่วไปประเภทเนื้อ ปลา สัตว์ปีก น้ำนม และผักหลายชนิด โดยจะรวมอยู่กับกรดอะมิโนอื่นในรูปโปรตีน ดังนั้นอาหารที่มีโปรตีนปริมาณมากจะมีกลูตาเมตอยู่มาก แต่ในผักบางชนิดจะพบกลูตาเมตอิสระปริมาณมาก ได้แก่ มะเขือเทศ เห็ดชนิดต่างๆ เป็นต้น

สารเพิ่มกลิ่นรสที่นิยมใช้กันโดยแพร่หลายได้แก่ Monosodium L glutamate (MSG), Inosine monophosphate (IMP) และ Guanyline monophosphate (GMP) ในผลิตภัณฑ์จากซูริมิ กุ้งเทียม ปูเทียม และไส้กรอกปลา จะเติม MSG ในปริมาณ 5 กรัมต่อซูริมิ 1000 กรัม และ ไรโบไทด์ 0.1 กรัม ต่อซูริมิ 1000 กรัม เพื่อเป็นสารเพิ่มกลิ่นรส (Tanikawa, 1985) โดยไรโบไทด์ คือ IMP กับ GMP ผสมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้อัตราส่วนผสม MSG กับ Ribotide ปริมาณนี้จะลดการใช้ MSG ลง 1 เท่าตัว และให้กลิ่นรสอาหารดังเดิม (Branen, *et al.*, 1990)

กลูตาเมตมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี คุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาในธรรมชาติจะพบกลูตาเมต 2 ชนิด อยู่ในรูป ดี-กลูตาเมต ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มกลิ่นรส และแอล-กลูตาเมต จะไม่ทำหน้าที่เพิ่มกลิ่นรสอาหาร กลูตาเมตมีความทนทานไม่สลายตัวที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นสามารถใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสในกุ้งเทียมได้แม้จะใช้ความร้อนสูง

สาร 5-นิวคลีโอไทด์ทั้ง IMP และ GMP สามารถละลายน้ำได้ดีและมีความคงทนแต่ที่สภาวะเป็นกรดและอุณหภูมิสูงจะสลายตัว นอกจากนี้ 5-นิวคลีโอไทด์จะถูกทำลายด้วยเอนไซม์ที่พบในธรรมชาติได้แก่ เอนไซม์ Phosphomonoesterase ดังนั้นในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจึงใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งความสามารถของเอนไซม์และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °ซ สารเพิ่มกลิ่นรสที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมให้รสที่แตกต่างจากรสพื้นฐานโดยรสชาติอูมามิจะเป็นรสใหม่นอกเหนือรสชาติพื้นฐานเดิม ทำให้สามารถรับรสได้ดีขึ้นโดยเฉพาะกลิ่นรสกุ้งที่เติมลงไป กลิ่นรสกุ้งเทียมจะมีความนิ่มนวลและมีความน่ารับประทานยิ่งขึ้น

จ. กลิ่นกุ้งสกัดและกลิ่นกุ้งสังเคราะห์ (Shrimp Extract and Shrimp Flavour)

ในอุตสาหกรรมการผลิตซูริมิ เนื้อปลาบดจะล้างด้วยน้ำเย็นเพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการ เช่น ไขมัน เลือด และสารที่มีกลิ่นออกไป ทำให้เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างมีปริมาณ โปรตีน ไมโอไบบริลลามากขึ้น อย่างไรก็ตามกลิ่นปลาซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน ไรโบนิวคลีโอไทด์ สารอินทรีย์ น้ำตาล และกรดอินทรีย์ จะถูกล้างออกไปในระหว่างกระบวนการผลิตด้วย

ดังนั้นการเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์จากซูริมิเป็นสิ่งที่จำเป็น เป็นคุณลักษณะสำคัญที่ผู้บริโภคจะยอมรับผลิตภัณฑ์จากซูริมิ กลิ่นรสในอุดมคติจะต้องมีความสะอาด บริสุทธิ์ มีความเข้มข้นสูง ใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อย มีความคงตัวและป้องกันผลิตภัณฑ์เสียหาย มีสีอ่อนเมื่อผสมลงในซูริมิจะได้ผลิตภัณฑ์มีสีอ่อน กลิ่นรสที่ใช้แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดสังเคราะห์ และชนิดสกัดจากธรรมชาติ ข้อดีของกลิ่นรสสังเคราะห์ คือ มีความบริสุทธิ์ คงทน ใช้ในปริมาณน้อย และมีสีอ่อน แต่การเตรียมกลิ่นรสสังเคราะห์ให้ใกล้เคียงกลิ่นรสธรรมชาติทำได้ยาก ส่วนกลิ่นรสจากธรรมชาติมักจะไม่คงตัว เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ง่ายและผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีคล้ำ อย่างไรก็ตามจะได้กลิ่นรสเหมือนกับธรรมชาติ จึงมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมจากซูริมิ ในประเทศญี่ปุ่นใช้กลิ่นสกัดจากปลา กุ้ง และปู เติมลงในผลิตภัณฑ์และเพิ่มความเข้มของรสด้วยโมโนโซเดียมกลูตาเมต และ/หรือ ไรโบนิวคลีโอไทด์ กลิ่นรสที่สกัดได้มีปริมาณปีละ 3000 เมตริกตัน โดย 2 ใน 3 ส่วนเป็นกลิ่นรสสกัดจากปลา ส่วนใหญ่ทำจากปลาทูน่า นอกจากนั้นเป็นกลิ่นรสสกัดจากปูและกุ้ง ผลิตภัณฑ์สกัดจากธรรมชาติมีแนวโน้มที่ดีในตลาดทุกประเทศ (Lee, 1984)

กระบวนการสกัดกลิ่นรส ปลา กุ้ง หอย และปู โดยทั่วไปจะใช้วิธีต้มวัตถุดิบหรือน้ำนึ่งจากการทำปลากระป๋อง วัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีจำนวนไม่มากนัก ยกเว้น stick water จากโรงงานปลาป่นที่มีปริมาณมาก (Ochi, 1980) แหล่งวัตถุดิบและวิธีการสกัดแสดงตามตารางที่ 2 การเลือกวัตถุดิบเพื่อนำมาสกัดกลิ่นรสจากธรรมชาติ ต้องคำนึงถึงความสด และควรหลีกเลี่ยงส่วนหัวและลำไส้เพราะจะได้กลิ่นรสมีสีคล้ำและกลิ่นรสคุณภาพต่ำ

ตารางที่ 2 แหล่งวัตถุดิบและวิธีการสกัดสำหรับผลิตกลิ่นรสจากธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์	วิธีการสกัด	วัตถุดิบ
กลิ่นรสสกัด	ต้ม, นึ่ง	กุ้ง, กุ้งมังกร, ปู
กลิ่นรสผลิตภัณฑ์ระเหยแห้ง	ต้ม	ปลาโอแถบ, ปลาทู, ปลาซาร์ดีน, กุ้ง, หอย
กลิ่นรสจากอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง	ต้ม, นึ่ง	หอย, หอยนางรม, กุ้ง, ปู
กลิ่นรสจากอุตสาหกรรมซูริมิ	น้ำล้าง	ปลาทูน่า, ปลาโอแถบ, ปลาทู, ปลาซาร์ดีน

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของกลิ่นรสสกัดจากธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	กลิ่นรสสกัด		
	ปลาทูน่า (มิลลิกรัม / 100 กรัม ของแข็ง)	หอย (มิลลิกรัม / 100 กรัม ของแข็ง)	ปู (มิลลิกรัม / 100 กรัม ของแข็ง)
ไกลซีน	260	963	600
อลานีน	800	128	200
อาจีนีน	320	168	600
โซเดียมกลูตาเมท	490	90	30
$AMP.Na_2$	-	98	32
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์	-	116	-
โปตัสเซียมคลอไรด์	851	55	-
โซเดียมคลอไรด์	-	36	500
$IMP.Na_2 . 7.5 H_2O$	510	-	20
$KHPO_4$	-	-	400

ที่มา : Lanier และ Lee (1992)

วิธีการสกัดกลิ่นรสจากธรรมชาติ นำวัตถุดิบเหล่านี้มาทำให้สุก โดยการต้มหรือนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 85-95 °ซ น้ำที่สกัดออกมาจะนำมาทำให้เข้มข้นต่อไป กลิ่นรสสกัดจากปลาพบว่าประกอบด้วยเจลลาติน กรดอะมิโน เปปไทด์ และเกลือแร่ กลิ่นรสสกัดจากปูและหอยประกอบด้วยกรดอะมิโน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไกลซีน อาจีนีน โปรลีน อลานีน และลิวซีน ไรโบนิวคลีโอไทด์ในปูและหอยจะอยู่ในรูปของ AMP (Lanier and Lee, 1992) กลิ่นรสสกัดที่ได้จะมีสีคล้ำและกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องจากมีสารเคมีไม่คงตัว เช่น สารประกอบเอมีน และสารประกอบไนโตรเจนโมเลกุลต่ำเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย จึงควรแยกสารประกอบเหล่านั้นออกก่อนการนำมาใช้ (Lee, 1984) ในทางปฏิบัติการทำให้กลิ่นรสบริสุทธิ์และเข้มข้นขึ้นทำได้หลายวิธี เช่น การผ่านคอลัมน์โครมาโตกราฟี, ไอออนเอ็กเซนท์เรซิน, อุลตราฟิลเตรชั่น หรือนำมาผ่านสารกรองพวกผงดิน, ไดอะตอม หรือ เอคทีฟคาร์บอน ส่วนการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที สามารถแยกไขมันและเศษเหลือออกไปได้ โดยการควบคุมให้มีอุณหภูมิ 70-90 °ซ การแยกจะให้ผลที่ดี กลิ่นรสสกัดที่ได้จะเข้มข้นขึ้น นอกจากนี้กลิ่นรสสกัดมักจะมีปริมาณเกลือสูงเนื่องมาจากวัตถุดิบ อาจใช้ reverse osmosis เพื่อช่วยลดปริมาณเกลือและแยกสารประกอบที่มีสีคล้ำกลิ่นไม่ดีออกไปได้ อาจใช้สารประกอบอื่นเพิ่มลงในกลิ่นรสสกัดจากธรรมชาติ เช่น โมโนโซเดียมกลูตาเมต, ไรโบนิวคลีไทด์, โปรตีนไฮโดรไลเซทจากสัตว์ (HAP), HVP, สารสกัดจากยีสต์, น้ำตาล, ไวน์หวานจากข้าว เป็นต้น

กลิ่นรสสังเคราะห์โดยใช้ส่วนประกอบพื้นฐานของกลิ่นรส คือ กรดอะมิโน เปปไทด์ นิวคลีโอไทด์ และกรดอินทรีย์อื่นๆ มาผสมกันและเติมสารเพิ่มกลิ่นรส สารคงสภาพ (stabilizer) ขึ้นอยู่กับความต้องการ สารอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้นหลายชนิด ได้แก่ เอสเทอร์ เช่น เอทธิล คาร์บาเรท (ethyl cabalate) และเอทธิล ไมริเลส (ethyl mirilate), คีโตน เช่น เฮทตาโนน แลคโตน, กรดคาร์บอกซิลิก เช่น ซัคซินิก, เอมีน เช่น ไตรเมธิลเอมีน (trimethyl amine), กรดอะมิโน เช่น ไกลซีน อลานีน นำสารประกอบเหล่านี้มาผสมกันในตัวทำละลาย ได้แก่ เอทธิลแฮลกอฮอล์, โพรไพลีนไกลคอล เป็นต้น จะได้กลิ่นรสสังเคราะห์มีความเข้มข้นสูง

จากการทดลองใช้กลิ่นรสสกัดในผลิตภัณฑ์เลียนแบบ เช่น ปูเทียม หอยเทียม และกุ้งเทียม พบว่าการที่ผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นรสใกล้เคียงกับธรรมชาติขึ้นกับคุณภาพของกลิ่นรส

ที่เติมลงไป กลิ่นรสสกัดจากธรรมชาติแม้ให้กลิ่นรสใกล้เคียงกับธรรมชาติ แต่มีความคงตัวน้อยและมีความเข้มข้นไม่เพียงพอจึงใช้กลิ่นรสสังเคราะห์เพิ่มความเข้มข้น

ฉ. โซเดียมซัคซิเนท (sodium succinates)

เป็นเกลือของกรดอินทรีย์ลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว ละลายน้ำได้ดี ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย ธรรมชาติพบในบรอคคารี่ ผลพีท แอสพารากัส ซุปเนื้อ และเนยแข็ง ซึ่งพบว่าในผักหรือผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีกลิ่นรสเฉพาะซึ่งสันนิษฐานว่าคงเนื่องมาจากซัคซิเนท

ในอุตสาหกรรมทำขนมปังจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของโดลให้ดีขึ้น โดยทำหน้าที่เป็นสารออกซิไดซ์ กลุ่มซัลไฮดริล (-SH) เป็นพันธะไดซัลไฟด์ ในผลิตภัณฑ์จากซูริมิจะทำให้มีความแข็งแรงเจลมากขึ้น (Furia and Bellaca, 1975) มีการยึดเกาะดีและทำให้ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมีความแน่น อย่างไรก็ตามจะมีผลข้างเคียงคือลักษณะเนื้อสัมผัสเสียหายระหว่างการแช่เยือกแข็ง โดยมีการสูญเสียความชื้นมากและเนื้อสัมผัสเหนียวเหมือนยาง เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็งและหลอมละลายหลายครั้งลักษณะเช่นนี้จะเพิ่มมากขึ้น แต่สามารถแก้ไขได้โดยการเติมแป้งดัดแปร ผลิตภัณฑ์สามารถทนต่อสภาวะแช่เยือกแข็งได้ดีขึ้น (Lee, *et al.*, 1992)

ช. สี

สีของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมเป็นส่วนสำคัญที่ดึงดูดผู้บริโภคให้สนใจ ปัจจัยหลายอย่างสามารถนำมาตัดสินความเหมาะสมของสีได้ ได้แก่ ความเข้มข้น ความบริสุทธิ์ ลักษณะปรากฏที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติ และความคงทนของสี โดยอาจใช้สีแดง ชมพู หรือสีส้มขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และความต้องการ ตัวอย่างสารให้สีดังกล่าวที่สามารถใช้ในอาหาร ได้แก่ Carmine, Canthaxanthin, Caramel, Paprika, Paprika Oleoresin, Annato Extract และ Cochineal Extract ซึ่งส่วนมากจะเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เพราะว่าสีละลายน้ำจะมีการซึมถึงชิ้นผลิตภัณฑ์สีขาวซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่ไม่ดี (Lanier and Lee, 1992)

Ponceau 4 R เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ให้สีแดง มีน้ำหนักโมเลกุล 604.48 อยู่ในรูปผงหรือเม็ด ได้รับอนุญาตจาก Codex Alimentarius Commission ให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น สตรอเบอรี่กระป๋อง และพลัมกระป๋อง ในปริมาณไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยอาจใช้สีชนิดนี้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสี Erythosine ในแยมและเยลลี่ใช้ได้ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในกุ้งกระป๋องและกุ้งแช่เยือกแข็ง ใช้ได้ไม่เกินปริมาณ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กองควบคุมอาหาร กระทรวงสาธารณสุข, 2530)

Sunset Yellow FCF เป็นสีสังเคราะห์ให้สีส้มแดง Codex Alimentarius Commission อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดเช่น แอปเปิ้ลกระป๋อง แยม และเยลลี่ ใช้ในปริมาณไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในกุ้งกระป๋องในปริมาณไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแตงกวาดองไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กองควบคุมอาหาร กระทรวงสาธารณสุข, 2530)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซูริมิ

ผลิตภัณฑ์จากซูริมิเมื่อเก็บรักษาอาจเปลี่ยนแปลงจนเกิดการเสื่อมเสียใน 3 แบบ (Tanikawa, 1985)

1. ผลิตภัณฑ์มีของเหลว เป็นกรด ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย ได้แก่ *Streptococus, Leuconostoc* และ *Micrococcus* sp. มักเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาล

2. ผลิตภัณฑ์มีผิวหน้าเป็นเมือก ของเหลวเป็นด่างมีกลิ่นแอมโมเนีย จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ *Micrococcus, Serratia, Flavobacterium* และ *Achromobactor sp.*

3. ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียจากรา มักเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และมีปริมาณแป้งมากกว่าร้อยละ 35 ถ้าผิวหน้าผลิตภัณฑ์เปียกจะเกิดการเสื่อมเสียจากของเหลวเป็นกรด

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากซูริมิ เนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ เช่น น้ำตาล และแป้ง มีชีวิตรอดหลังจากกระบวนการให้ความร้อนแล้ว ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 °ซ จะพบแบคทีเรีย cocci เหลืออยู่ และที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 °ซ พบสปอร์ของแบคทีเรีย เช่น *B. subtilis* และ *B. coagulans* ยังเหลือในผลิตภัณฑ์ แม้ว่ากระบวนการให้ความร้อนใช้อุณหภูมิถึง 90 °ซ แต่อุณหภูมิภายในศูนย์กลางผลิตภัณฑ์จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Hollingworth และคณะ (1990) พบว่าการเก็บซูริมิที่ยังไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน และปูเทียมที่อุณหภูมิ 10 °ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดขายปลีก สามารถเก็บซูริมิได้เป็นเวลา 2-3 วัน ในขณะที่ปูเทียมเก็บได้ 6-8 วัน ปูเทียมสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าซูริมิ เพราะจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกทำลายในระหว่างการให้ความร้อนระหว่างการผลิต จุลินทรีย์ในปูเทียมหลังผ่านกระบวนการผลิตมีจำนวน 10^{2-3} เซลต่อกรัม เมื่อมีจำนวน 10^{7} เซลต่อกรัมขึ้นไป ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่ม เกิดกรด มีกลิ่นเปรี้ยว (Yoon, *et al.*, 1988)

นอกจากปริมาณจุลินทรีย์ที่วัดสามารถแสดงถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์แล้ว สามารถวัดค่าปริมาณด่างที่ระเหยทั้งหมด (TVB) และปริมาณกรดที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVA) Hollingworth และคณะ (1990) ได้ทดลองเก็บปูเทียมที่อุณหภูมิ 0 °ซ พบว่าค่า TVB เพิ่มขึ้นจาก 4.5 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง อย่างช้าๆ จนใกล้ 10 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อตัวอย่าง 100 กรัม ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียสามารถวัดแบคทีเรียที่ใช้อากาศ 10^{8-9} เซลต่อกรัมตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็น *Pseudomonas spp.* ส่วนค่าปริมาณกรดที่ระเหยได้ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาปูเทียม เมื่อมีปริมาณ 148 มิลลิลิตรของกรด 0.01 N ต่อตัวอย่าง 100 กรัม พีเอชลดลง 0.40 หน่วย และเมื่อเพิ่มเป็น 448 พีเอชลดลง 1.2 หน่วย

วัตถุประสงค์

1. พัฒนากรรมวิธีและสูตรผสมในการผลิตกุ้งเทียมจากซูริมิ
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง
3. พัฒนาการเพิ่มมูลค่าแก่ซูริมิ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

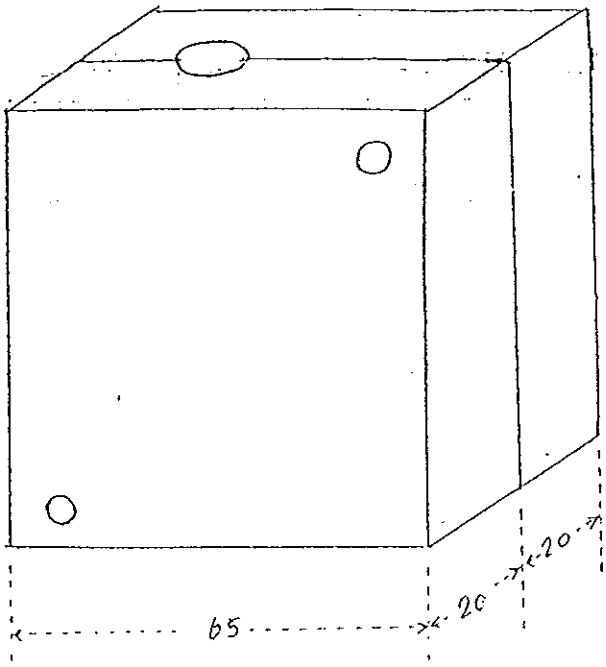
วัสดุ

1. เนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งเกรด SA ทำจากปลาทรายแดง ของบริษัทแปซิฟิค แปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด อ.เมือง จ.สงขลา
2. เครื่องปรุงรส ประกอบด้วย เกลือแกง น้ำตาลทรายขาว ผงชูรส
3. แป้งมันฝรั่ง จาก AVEBE CO.,LTD ประเทศเนเธอร์แลนด์
4. ไรโบไทด์ จาก MIWON CO.,LTD ประเทศเกาหลี
5. ไกลซีน จาก SHOWA CO.,LTD ประเทศญี่ปุ่น
6. โซเดียมซัคซิเนท ยี่ห้อ CARLO ประเทศอิตาลี
7. กลิ่นกุ้งสังเคราะห์ FL 105 ของบริษัทอินทาโก จำกัด
8. สีผสมอาหาร สีแดง Ponceau 4R ดัชนีสี 16255
9. สีผสมอาหาร สีเหลืองไข่ Sunset Yellow FCF ดัชนีสี 15989
10. ถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีน ชนิดไครโอแวค (cryovac) ขนาด 6x8 นิ้ว หนา 0.03 มิลลิเมตร

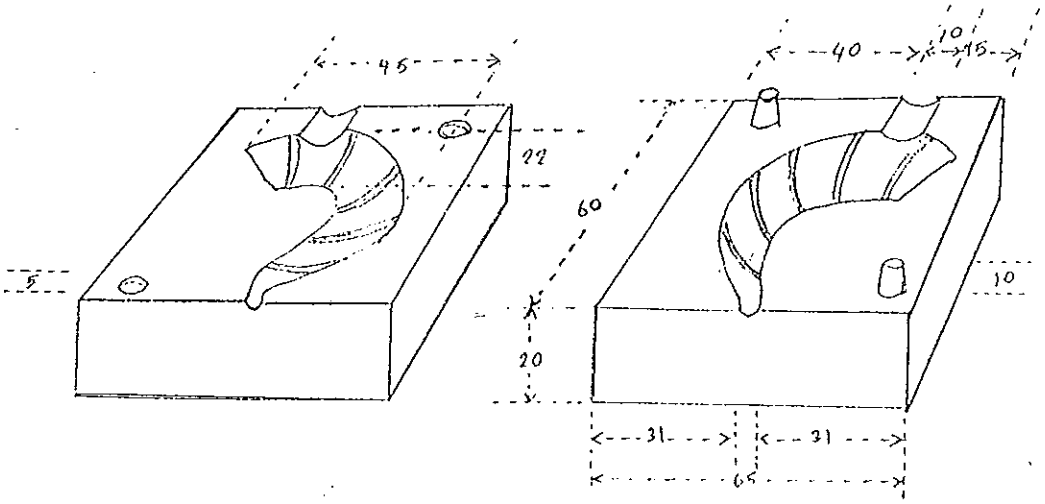
อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การขึ้นรูปกุ้งประกอบด้วย แบบพิมพ์กุ้งอลูมิเนียม และกระบอกฉีดเนื้อปลา (รูปที่ 10 และ รูปที่ 11) รายละเอียดการทำแบบพิมพ์กุ้งแสดงในภาคผนวก ค
2. เครื่องสับผสม ยี่ห้อ SCHARFEN รุ่น Nr 182540 จาก HERMANN SCHARFEN
3. เครื่องนวดผสม ยี่ห้อ Kitchen Aid Heavy duty รุ่น K 5ss จาก KITCHEN AID INC.
4. เตาอบไฟฟ้า อุณหภูมิ 100-250 $^{\circ}$ซ
5. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิยี่ห้อ MEMMERT จาก MEMMERT CO., LTD
6. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบตัวเลข ยี่ห้อ PRESICA

7. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส ยี่ห้อ SBS รุ่น CAJ 7-422 จาก SAMIFI BABCOCK CO.,LTD
8. เครื่องแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิก (Cryogenic Cabinet Freezer) รุ่น JE - CID จากบริษัท ลิควิดคาร์บอนิค ประเทศไทย จำกัด
9. ห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า อุณหภูมิห้อง -20 °ซ รุ่น PK 64 จากบริษัท พัฒนกลการ จำกัด
10. เครื่องบรรจุสุญญากาศ HENKOVAC รุ่น H1000 จาก BLOEMEN DAAC
11. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี
12. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์
13. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
14. เครื่องวัดความแข็งแรงของเจล (Okada gelometer) SUN SCIENCE CO., LTD. รุ่น SD 305



ก



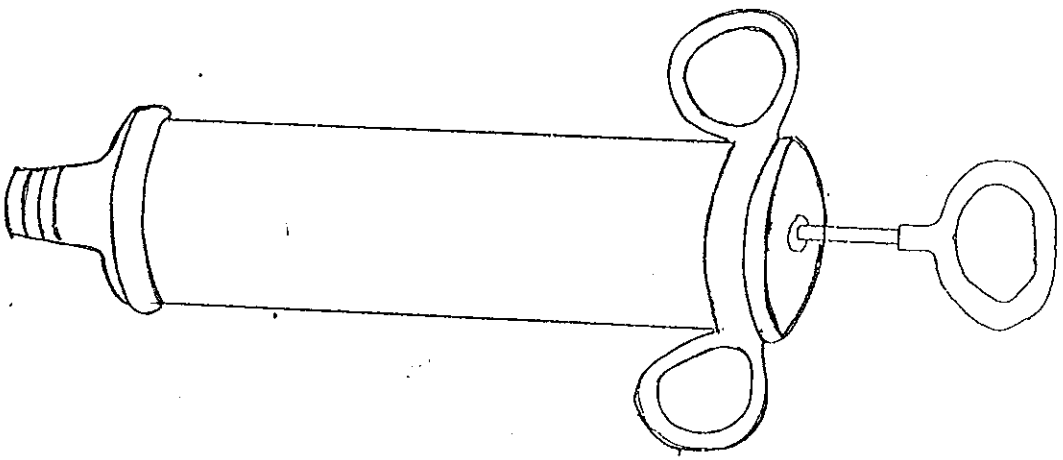
ข

รูปที่ 10 ลักษณะแบบพิมพ์กุ้งเทียม

ก แบบพิมพ์ภายนอก อัตราส่วน 1:1 มิลลิเมตร

ข แบบพิมพ์ด้านข้าง อัตราส่วน 1:0.75 มิลลิเมตร

ออกแบบและดัดแปลงจาก Kanawa (1988) โดย : พิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์ (2538)



รูปที่ 11 กระบอกฉีด

ออกแบบโดย : พิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์ (2538)

วิธีการ

1. การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจากซูริมิ

1.1 การศึกษาผลของเวลาการสับผสมและการนวดผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งเทียม

ทำการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมโดยนำซูริมิแช่เยือกแข็งมาทำละลาย โดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที หั่นเป็นชิ้นขนาดประมาณ 5 x 10 เซนติเมตร นำมาสับผสมด้วยเครื่องสับผสมเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นเติมเกลือ 25 กรัม น้ำตาล 50 กรัม แป้งมันฝรั่ง 70 กรัม น้ำแข็งบด 200 กรัม โมโนโซเดียมกลูตาเมต 5 กรัม ไรโบไทด์ 0.1 กรัม โซเดียมซัคซิเนต 0.3 กรัม ไกลซีน 2 กรัม กลิ่นกุ้งสกัด 40 กรัม และกลิ่นกุ้งสังเคราะห์ 2 กรัม ต่อน้ำหนักซูริมิ 1000 กรัม เป็นสูตรพื้นฐานจาก AFDF (1987) เมื่อเติมเครื่องปรุงจนครบแล้วสับผสมจนครบเวลา 6 นาที หลังจากนั้นแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองทำการสับผสมต่อโดยใช้เวลา 2 4 6 นาที ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 4 ใช้เวลาสับผสม 2 นาที แล้วนวดต่อด้วยเครื่องนวดผสม ใช้ใบพัดนวดแบบใบโพธิ์ที่ความเร็วระดับ 4 เป็นเวลา 2 นาที (ตารางที่ 4) จะได้ส่วนผสมกุ้งเทียมลักษณะข้นหนืด บรรจุลงในกระบอกฉีดเพื่อสะดวกต่อการฉีดเข้าในแบบพิมพ์กุ้ง จากนั้นนำไปให้ความร้อนโดยเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที ถอดออกจากแบบพิมพ์แล้วนำไปให้ความร้อนต่อโดยเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที จากนั้นนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 90 °ซ อีกเป็นเวลา 10 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °ซ (Kanawa, 1988)

การเตรียมตัวอย่างกุ้งเทียมเพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการนึ่งด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 15 นาที ประเมินคุณภาพโดยการให้คะแนนแบบเรียงลำดับความชอบ โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนเล็กน้อยจำนวน 12 คน (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2534)

วัดความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) ของเนื้อกุ้งเทียมที่ได้โดยบรรจุของผสมแต่ละชุดการทดลองก่อนที่จะขึ้นรูปในแบบพิมพ์กุ้งลงในไส้พลาสติกโพลีไวลิดีนคลอไรด์ (polyvinylidenechloride) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 150 มิลลิเมตร นำไปให้ความร้อน โดยการต้มในน้ำร้อน 90 °ซ เป็นเวลา 20 นาที ทำให้เย็นในห้อง 4 °ซ วัดความแข็งแรงเจลโดยใช้เครื่อง Okada gelometer ค่าความแข็งแรงเจลอยู่ในหน่วยกรัม-เซนติเมตร

ตารางที่ 4 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาการสับผสมและนวดผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม

เวลาสับผสมรวม (นาที)	เวลาสับผสมโดยเครื่องสับผสม (นาที)	เวลาสับผสมซูริมิและเครื่องปรุง (นาที)	สับผสมต่อด้วยเครื่องสับผสม (นาที)	นวดผสมด้วยเครื่องนวดผสม (นาที)
10	2	6	2	-
12	2	6	4	-
14	2	6	6	-
12	2	6	2	2

1.2 การศึกษาเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส

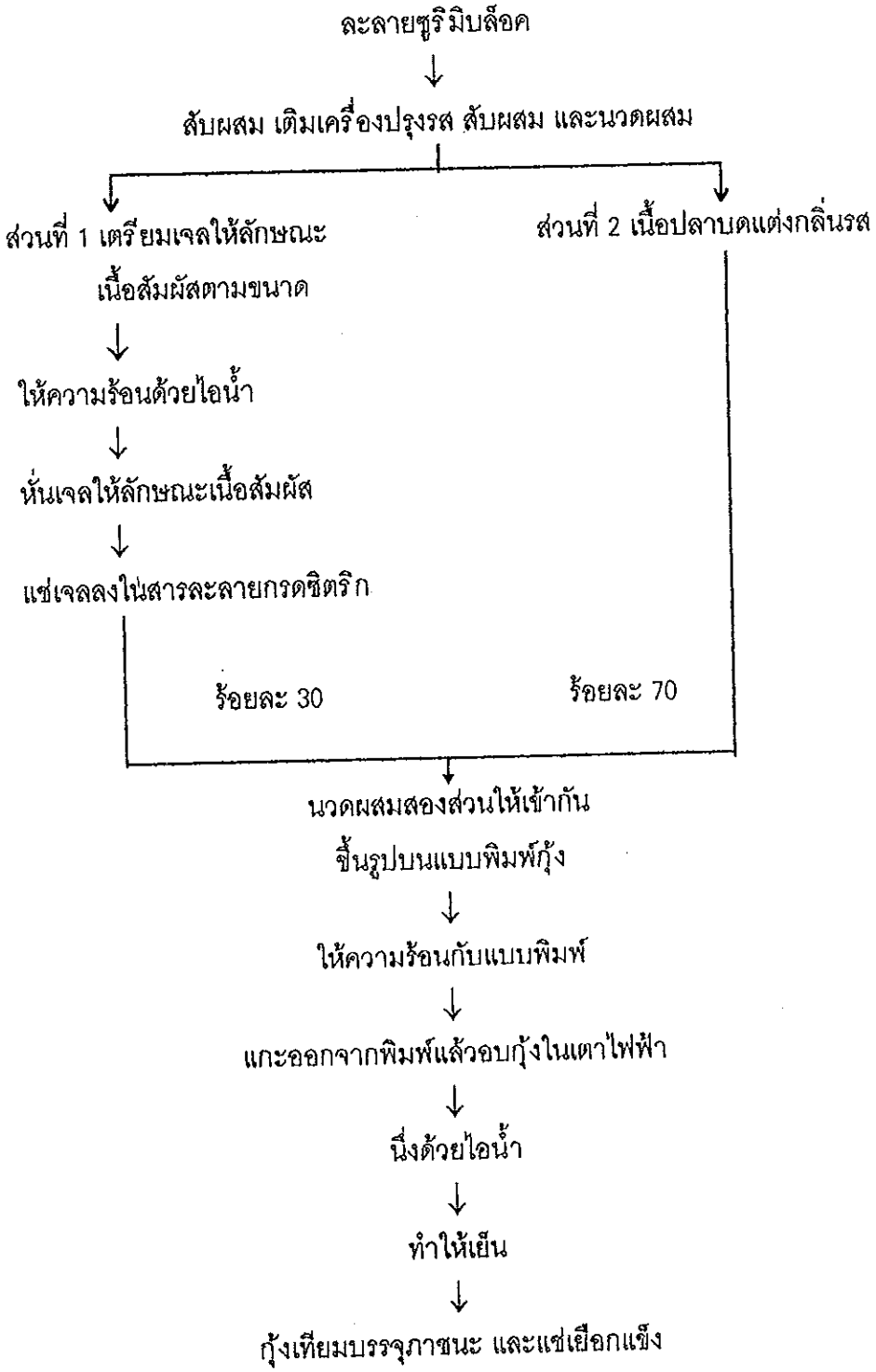
เตรียมส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียมโดยละลายซูริมิดังการทดลองข้อ 1.1 สับผสมซูริมิด้วยเครื่องสับผสมเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นสับผสมรวมกับเครื่องปรุงตามสูตรพื้นฐานเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นแบ่งออกเป็น 5 ส่วน สับผสมต่อเป็นเวลา 6 8 10 นาที อีกสองส่วนที่เหลือสับผสมเป็นเวลา 6 นาทีแล้วนวดต่อด้วยเครื่องนวดผสมเป็นเวลา 2 และ 4 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 5) แบ่งแต่ละตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน

นำส่วนแรกของแต่ละตัวอย่างมาเตรียมเป็นเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยแผ่เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมหนา 1-1.5 มิลลิเมตร บ่มที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 30 นาที หั่นเจลให้ได้ขนาดกว้าง 2-3 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร หลังจากนั้นเติมสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักเจล ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จะได้เจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส ผสมเจลที่ได้กับเนื้อปลาบดแต่งกลิ่นรส (ส่วนที่ 2) ในอัตราส่วน 30 ต่อ 70 ส่วน โดยน้ำหนัก ทำการผสมในเครื่องนวดผสม ใช้ใบพัดนวดแบบใบโพธิ์ที่ความเร็ว ระดับ 2 เวลา 2 นาที จะได้ส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียมที่มีเจล นำไปขึ้นรูปในแบบพิมพ์กุ้งโดยใช้กระบอกฉีดเนื้อปลา หลังจากนั้นให้ความร้อนกับแบบพิมพ์ในเตาอบไฟฟ้า 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที โดยภายในตัวกุ้งจะมีอุณหภูมิ 65 °ซ ถอดแบบพิมพ์ตัดแต่งส่วนเกินและตกแต่งสีลายกุ้ง หลังจากนั้นนำตัวกุ้งไป

อบในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที แล้วนึ่งกุ้งเทียมด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็น 4 °ซ บรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 3 วัน ขั้นตอนการผลิตสรุปได้ดังรูปที่ 12 นำผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการเตรียมตัวอย่างและใช้วิธีการเช่นเดียวกับในข้อ 1.1

ตารางที่ 5 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งเทียม

เวลาสับผสมรวม (นาที)	เวลาสับผสมด้วยเครื่องสับผสม (นาที)	เวลาสับผสมซูริมิและเครื่องปรุง (นาที)	สับผสมต่อ (นาที)	นวดผสมด้วยเครื่องนวดผสม (นาที)
14	2	6	6	-
16	2	6	8	-
18	2	6	10	-
16	2	6	6	2
18	2	6	6	4



รูปที่ 12 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตกุ้งเทียม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kanawa (1988)

1.3 การศึกษาผลของปริมาณน้ำในสูตรกุ้งเทียมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม

ทำการทดลองผลิตกุ้งเทียมโดยปรับปริมาณน้ำในสูตรเนื้อกุ้งเทียม โดยใช้น้ำแข็งบด 300, 400, 500 และ 600 กรัม ตามลำดับ เตรียมเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและเนื้อกุ้งเทียมในอัตราส่วน 30 ต่อ 70 ส่วนโดยน้ำหนัก เข้าสู่กระบวนการผลิตกุ้งเทียมตามขั้นตอนในรูปที่ 12 เก็บรักษากุ้งเทียมที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 3 วัน ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบชิม 12 คน ให้คะแนนแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (Stone, *et al.*, 1974) คุณลักษณะที่ทำการประเมินคือ ความแข็ง ความเหนียว ความฉ่ำ และการยอมรับรวม หาปริมาณความชื้นของกุ้งเทียม (A.O.A.C., 1990) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) และหาความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบ DMRT (Duncan's Multiple Range Test) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2535)

1.4 การปรับปรุงคุณภาพด้านสีของกุ้งเทียม

ทำการทดลองผลิตกุ้งเทียมตามกระบวนการที่เหมาะสมตั้งแต่ข้อ 1.1 - 1.3 ตามขั้นตอนในรูปที่ 12 โดยทาสีผสมที่ตัวกุ้งก่อนให้ความร้อนด้วยส่วนผสมของ สีแดง Ponceau 4 R ดัชนีสี 16255 กับสีเหลืองไข่ Sunset Yellow FCF ดัชนีสี 15989 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10, 2 ต่อ 10, และ 3 ต่อ 10 โดยน้ำหนักตามลำดับ ทดสอบคุณภาพด้านสี และประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนแบบพรรณนาเชิงปริมาณ ใช้ผู้ทดสอบชิม 12 คน

2. การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

ทำการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมที่พัฒนาขึ้น และในขณะเดียวกันได้ทำการสอบถามคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ (Ideal Product) โดยการผลิตกุ้งเทียมตามสูตรและวิธีการที่พัฒนาได้เหมาะสมที่สุด ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีเรโซโพรไฟล์ (Ratio Profile Test : RPT) (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2531) ใช้ผู้ทดสอบชิม 80 คน คุณลักษณะที่ทำการประเมินคือ ลักษณะปรากฏ สีลายกุ้ง ความเรียบของตัวกุ้ง เนื้อสัมผัส ความแข็ง ความเหนียว ความฉ่ำ กลิ่นรสกุ้ง กลิ่นคาวปลา รสหวาน รสเค็ม คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยของตัวอย่างเมื่อเทียบกับค่าในอุดมคติ (S/I) นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ t-test เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการพัฒนาคุณภาพของกุ้งเทียมให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยปรับส่วนผสมในสูตร ทำการ

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธีเรโซโพรไฟล์ ใช้ผู้ทดสอบชิม 12 คน จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างจากค่าในอุดมคติของผู้บริโภค

3. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ระหว่างการเก็บรักษา

นำกุ้งเทียมที่ผลิตได้มาผ่านการแช่เยือกแข็งแบบแยกชิ้น (IQF) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 แช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสอุณหภูมิเครื่อง - 30°ซ ส่วนที่ 2 ทำการแช่เยือกแข็งรวดเร็วแบบไครโอจีนิกโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็น จนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิกึ่งกลางถึงจุดเยือกแข็ง - 20 °ซ บันทึกอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ตลอดการทดลอง บรรจุกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งลงในถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีนชนิดไครโอแวค ถุงละ 14 ตัวหรือประมาณ 140 กรัม เก็บรักษาที่ห้องอุณหภูมิ - 20 °ซ เป็นเวลา 14 สัปดาห์ ทำการทดลองชุดละ 2 ซ้ำ ประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมทุกๆ 2 สัปดาห์ ดังนี้คือ

การประเมินคุณภาพทางกายภาพประกอบด้วย

- ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Drip loss) (Hasegawa, 1987)

การประเมินคุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย

- ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1990)

การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด coliform, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphycococus aureus*, *Vibrio cholera* และ *Vibrio parahaemolyticus* (Speck, 1984)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ละลายตัวอย่างกุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง โดยนึ่งไอน้ำ อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 15 นาที ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งเทียม ด้านลักษณะปรากฏ รูปร่าง สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 10 คน ให้คะแนนแบบพรรณนาเชิงปริมาณ คะแนนที่ได้นำมา

วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT

4. การประเมินต้นทุนวัตถุดิบการผลิตกุ้งเทียม

คำนวณหาต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจาก วัตถุดิบ วัสดุสิ้นเปลือง เพื่อเป็นแนวทางการผลิตกุ้งเทียมในระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจากซูริมิ

1.1 ผลของการสับผสมและการนวดผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งเทียม

การสับผสมโดยใช้เครื่องสับผสมที่มีใบมีดหมุนความเร็ว 800-1600 รอบต่อนาที และมีชามหมุนสำหรับบรรจุซูริมิเพสท์หมุนด้วยความเร็วรอบ 4-8 รอบต่อนาที โดยจะสับผสมซูริมิให้เป็นชิ้นเล็กละเอียดเสียก่อนจึงเติมเกลือ การเติมเกลือลงไปก่อนที่ซูริมิละเอียดอาจทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้น เนื่องจากเกลือจะลดอุณหภูมิซูริมิลง หลังจากนั้นจึงเติมเครื่องปรุงอื่นๆ ส่วนเครื่องนวดผสมจะทำหน้าที่นวดผสมโดยใช้ใบมีดรูปใบโพธิ์ซึ่ง โดยทั่วไปใช้เวลาในการผสมมากกว่าเครื่องสับผสม

ผลของเวลาการสับผสมและเวลาการนวดผสมเบื้องต้นต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียมได้ผลดังตารางที่ 6 พบว่าค่าความแข็งแรงเจลจะเพิ่มขึ้นตามเวลาการสับผสม และเมื่อเพิ่มการนวดด้วยเครื่องนวดผสม ความแข็งแรงเจลเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสับผสมหรือนวดอย่างเพียงพอจะเพิ่มการละลายของโปรตีนไมโอไฟบริลลา ซึ่งมีความสำคัญในการเกิดเจลเมื่อนำไปให้ความร้อน ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเรียงลำดับความชอบพบว่าชุดการทดลองที่ 3 มีคะแนนสูงสุดแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) จากชุดการทดลองอื่น เป็นเพราะการใช้เวลาในการสับผสมให้นานขึ้น เพื่อให้ได้ลักษณะเจลที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งสุกควรมีความแข็งแรงเจลที่พอเหมาะที่ระดับหนึ่ง จึงทำให้ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากกว่า ดังนั้นเพื่อให้ซูริมิเพสท์ที่สามารถเกิดเจลที่มีความแข็งแรงที่เหมาะสม จึงควรใช้เวลาสับผสมและนวดผสมที่เหมาะสมด้วย อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบดังกล่าวยังไม่อาจสรุปได้ว่าเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด จึงได้ทำการทดลองในตอนต่อไป

ตารางที่ 6 คะแนนเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เมื่อปรับเวลาการสับผสมและการนวดในการผลิตเบื้องต้น

เวลาสับผสมรวม (นาที)	เวลาสับผสม (นาที)	เวลาสับผสมซูริมิและเครื่องปรุง (นาที)	เวลาสับผสมต่อด้วยเครื่องสับผสม (นาที)	เวลานวดผสมด้วยเครื่องนวดผสม (นาที)	ความแข็งแรงเจล (กรัม/ซม.)	คะแนนทดสอบรวมเรียงลำดับความชอบ #
10	2	6	2	-	288.53	21
12	2	6	4	-	329.63	32
14	2	6	6	-	325.22	40*
12	2	6	2	2	409.42	27

คะแนนรวมจากผู้ทดสอบชิม 12 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด จนถึงคะแนน 4 หมายถึง ชอบมากที่สุด

* มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) จากชุดการทดลองอื่น

1.2 การศึกษาเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการศึกษาเวลาการสับผสมและการนวดต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของกุ้งเทียมจากผลการเพิ่มเวลาในการสับผสมด้วยเครื่องสับผสม และเครื่องนวดผสม ได้ผลดังแสดงตามตารางที่ 7 พบว่าชุดการทดลองที่ 3 ใช้เวลาการสับผสมรวม 18 นาที โดยสับผสมซูริมิด้วยเครื่องสับผสม 2 นาที สับผสมเครื่องปรุง 6 นาที และสับผสมต่อด้วยเครื่องสับผสม 10 นาที มีคะแนนการทดสอบชิมสูงสุดและแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) จากชุดการทดลองอื่น แต่ก็ยังพบว่าทุกตัวอย่างมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวและแข็งกระด้าง ดังนั้นจึงควรปรับปรุงให้เนื้อสัมผัสกุ้งเทียมมีความนุ่มขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ลดระยะเวลาการทำสุก หรือลดอุณหภูมิการทำสุกเพื่อลดการสูญเสียน้ำ โดย Lee (1986) ได้กล่าวถึงระดับความชื้นมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากซูริมิ แนวทางการศึกษาต่อไปจึงได้ทดลองเพิ่มปริมาณน้ำลงในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 7 คะแนนเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เมื่อปรับเวลาการสับผสมและการนวดผสมเพิ่มขึ้น

เวลาสับผสมรวม (นาที)	เวลาสับผสมด้วยเครื่องสับผสม (นาที)	เวลาสับผสมซูริมิและเครื่องปรุง (นาที)	เวลาสับผสมต่อด้วยเครื่องสับผสม (นาที)	เวลานวดผสมด้วยเครื่องนวดผสม (นาที)	คะแนนทดสอบรวมเรียงลำดับความชอบ #
14	2	6	6	-	48
16	2	6	8	-	40
18	2	6	10	-	59*
16	2	6	6	2	32
18	2	6	6	4	17

คะแนนจากผู้ทดสอบชิม 12 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด จนถึงคะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

* มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) จากชุดการทดลองอื่น

1.3 ผลของปริมาณน้ำในสูตรกุ้งเทียมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม

ผลการศึกษาเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแข็งในเนื้อกุ้งเทียมสูตรพื้นฐาน ดังแสดงตามตารางที่ 8 เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแข็งในสูตรผสมเนื้อกุ้งเทียมมีผลทำให้ความแข็งและความเหนียวยืดเกาะของผลิตภัณฑ์ลดลงเป็นลำดับ ส่วนความฉ่ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำ และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำแข็ง 600 กรัม พบว่าความฉ่ำของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับที่ปริมาณ 500 กรัม อาจเป็นเพราะว่าปริมาณน้ำมีมากเกินกว่าที่ซูริมิและส่วนประกอบสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในซูริมิมีจำกัด (AFDF, 1987) โดยขึ้นกับปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ คือ โทรโปไมโอซินและโทรโปนินซึ่งเป็นโปรตีนขนาดเล็กมีผลต่อการดูดซับน้ำ ถ้ามีปริมาณมากซูริมิจะสามารถอุ้มน้ำได้ดี ซูริมิที่ทำจากปลาแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Niwa และคณะ (1990) และรายงานของ Lee (1986) ซึ่งพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากซูริมิจะแปรผันตามปริมาณน้ำที่เติมลงไป เมื่อนำไปให้ความร้อนปริมาณน้ำ

ในซูริมิเพสท์ที่มีมากเกินความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนจะแยกออกมาจากผลิตภัณฑ์ เจลที่ได้จะมีความยืดหยุ่นลดลง เมื่อพิจารณาคะแนนทดสอบตัวอย่างในการทดลองนี้ พบว่า ชุดการทดลองที่มีปริมาณน้ำแข็ง 400 กรัม มีค่าความแข็ง และความฉ่ำใกล้เคียงกับค่าใน อุดมคติมากที่สุด ส่วนค่าความเหนียวและความชอบรวมชุดการทดลองใช้น้ำแข็งปริมาณ 300 กรัม มีค่าใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 2 ชุดการทดลองนี้ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนชุดการทดลองใช้น้ำปริมาณ 400 และ 500 กรัม ค่าความแข็ง ความเหนียว และความชอบรวม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ พบว่าความฉ่ำในชุดการทดลองใช้น้ำปริมาณ 500 กรัม มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองใช้น้ำ ปริมาณ 400 กรัม และแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ใช้น้ำปริมาณ 400 กรัม สำหรับผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมต่อไป เพราะมีค่าคะแนนทดสอบชิมใกล้ค่าในอุดมคติ และใช้ปริมาณน้ำแข็งในสูตรมากกว่าชุดการทดลองใช้ปริมาณน้ำแข็ง 300 กรัม

ตารางที่ 8 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เมื่อปรับปริมาณน้ำ

ปริมาณน้ำแข็ง ในสูตร	คะแนนทดสอบชิมตัวอย่างต่อคะแนนในอุดมคติ (S/I) #			
(กรัม)	ความแข็ง	ความเหนียว	ความฉ่ำ	ความชอบรวม
300	1.11 ^{c}	0.93 ^{b}	0.88 ^{a}	0.84 ^{c}
400	0.96 ^{bc}	0.87 ^{b}	0.98 ^{ab}	0.77 ^{bc}
500	0.79 ^{ab}	0.79 ^{ab}	1.23 ^{c}	0.63 ^{ab}
600	0.69 ^{a}	0.58 ^{a}	1.16 ^{bc}	0.53 ^{a}

\# ใช้ผู้ทดสอบชิม 12 คน โดยวิธีให้คะแนนแบบพรรณาเชิงปริมาณ

อักษร a, b, c ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

1.4 การปรับปรุงคุณภาพด้านสีของกุ้งเทียม

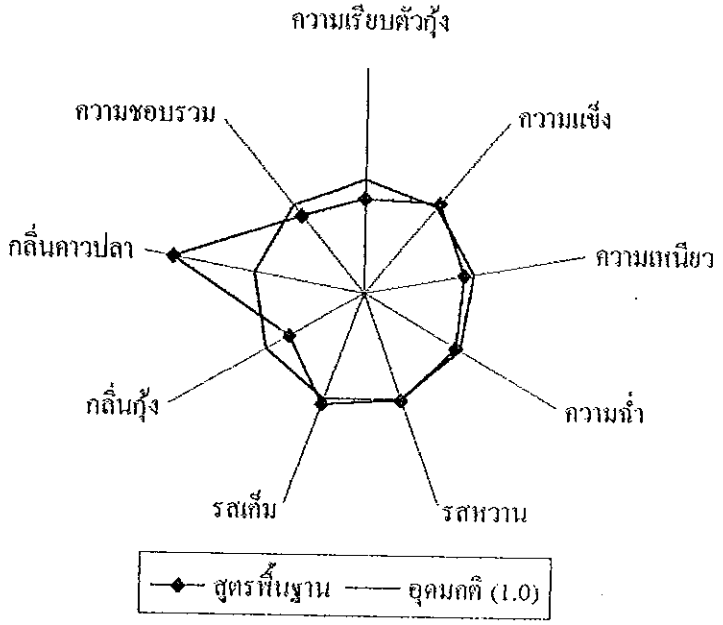
จากการทดลองผสมสีแดง Ponceau 4 R ดัชนีสี 16255 กับสีเหลืองไข่ Sunset Yellow FCF ดัชนีสี 15989 เพื่อให้ได้สีส้มในอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ 1:10, 2:10 และ 3:10 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปป้ายเพื่อให้เป็นสีของลายกุ้งในขั้นตอนหลังจากถอดออกจากแบบพิมพ์กุ้งที่ผลิตตามกระบวนการที่เหมาะสมตั้งแต่ข้อ 1.1 ถึง 1.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีโดยวิธีให้คะแนนแบบพรรณาเชิงปริมาณ พบว่ามีค่าคะแนนอัตราส่วน S/I เฉลี่ย 2.23, 0.93 และ 0.71 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราส่วนสีแดงผสมสีเหลือง 2 ต่อ 10 ส่วน การใช้อัตราส่วน 1 ต่อ 10 สีลายกุ้งที่ได้จะมีสีเหลืองมากเกินไป ลักษณะสีของลายกุ้งที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 13

รูปที่ 13 กุ้งเทียมที่ปรับปรุงคุณภาพสีของกุ้งแล้ว

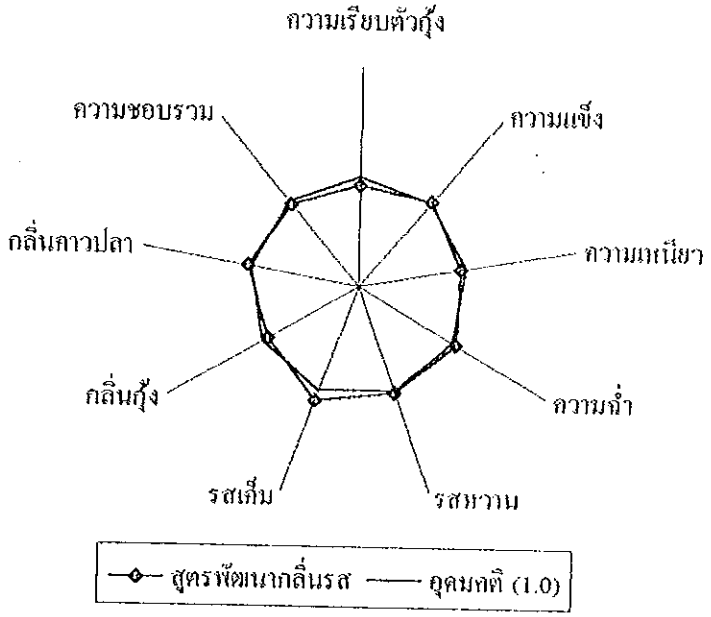
2. การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 80 คนต่อผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม โดยใช้สูตรพื้นฐานตามวิธีการผลิตที่เหมาะสมจากข้อ 1.1-1.3 ได้ผลค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนตัวอย่างกับค่าในอุดมคติแต่ละปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 14 ก พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของกุ้งเทียม ได้แก่ ความแข็ง ความเหนียว และความฉ่ำมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) จากค่าในอุดมคติ ในทำนองเดียวกันกับรสหวานและรสเค็ม แต่พบว่าการยอมรับกลิ่นกุ้งของผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยกว่าค่าในอุดมคติ ส่วนกลิ่นคาวปลามีค่าสูงกว่าค่าในอุดมคติ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มปัจจัยกลิ่นกุ้งให้มากขึ้นและลดกลิ่นคาวปลาให้น้อยลง (ศิริลักษณ์ สินธวัลย, 2531) ต่อมาจึงได้ทำการทดลองโดยเพิ่มกลิ่นรสกุ้งให้มากขึ้นในสูตรพื้นฐาน ซึ่งจากเดิมมีการใช้กลิ่นรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติและกลิ่นรสกุ้งสังเคราะห์ แม้ว่ากลิ่นรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติจะมีกลิ่นรสที่ใกล้เคียงกับกุ้งมากกว่า แต่การใช้กลิ่นรสสกัดจากธรรมชาติมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่ดี เนื่องจากกลิ่นรสธรรมชาติที่ใช้มีสารเอมีนขนาดเล็กและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่คงตัวจึงเกิดการเปลี่ยนสีได้ง่าย (Lee, 1986) ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมที่เติมกลิ่นรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติมกลิ่นรสสังเคราะห์แสดงตามรูปที่ 15 ส่วนลักษณะปรากฏและความเรียบของผิวกุ้งยังมีค่าต่ำกว่าในอุดมคติ เนื่องจากกรรมวิธีการขึ้นรูปกุ้งโดยใช้แบบพิมพ์ เมื่อถอดแบบพิมพ์จะมีเศษเนื้อกุ้งเทียมติดทำให้การถอดแบบพิมพ์ครั้งต่อไปยากขึ้นผิวหน้าของตัวกุ้งจะไม่เรียบ จึงควรทำความสะอาดแบบพิมพ์ก่อนการใช้ครั้งต่อไปให้มีเศษเนื้อกุ้งเทียมติดน้อยที่สุด ลักษณะความชอบรวมของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมีค่า S/I 0.81 ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกับคุณลักษณะตามอุดมคติ แต่มีคุณลักษณะบางประการที่ต้องปรับปรุงคือ ความเรียบ กลิ่นคาวปลา และกลิ่นกุ้ง

ดังนั้นการปรับปรุงคุณสมบัติกลิ่นกุ้งจะใช้กลิ่นกุ้งสังเคราะห์เพียงอย่างเดียว โดยทำการทดลองผลิตกุ้งเทียมตามสูตรส่วนผสมดังตารางที่ 9 แต่เพิ่มปริมาณกลิ่นกุ้งสังเคราะห์จาก 2 กรัม เป็น 15 กรัม และเพิ่มปริมาณไกลซีน จาก 1 กรัม เป็น 5 กรัม เพื่อชดเชยรสหวานของกลิ่นรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติต่อสูตรซูริมิ 1000 กรัม เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน ได้ผลดังแสดงเป็นเค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 14 ข) และตารางผนวกที่ 2 พบว่ากลิ่นรสกุ้งมีค่าเพิ่มขึ้นและกลิ่นคาวปลามีค่าลดลง เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น



ก

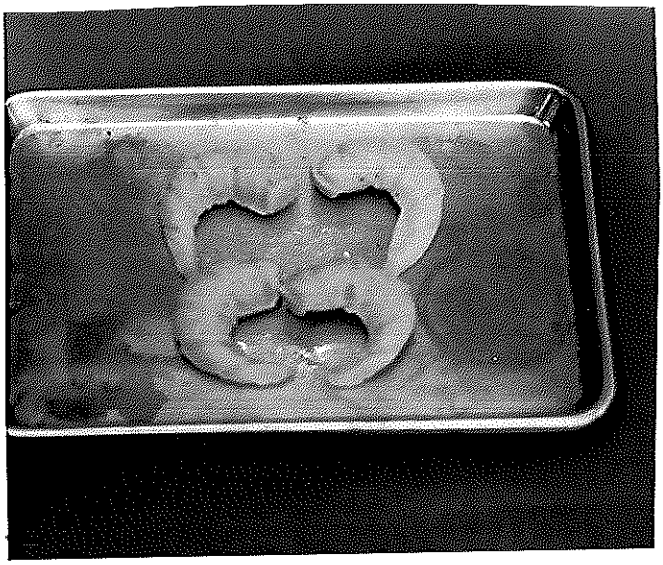


ข

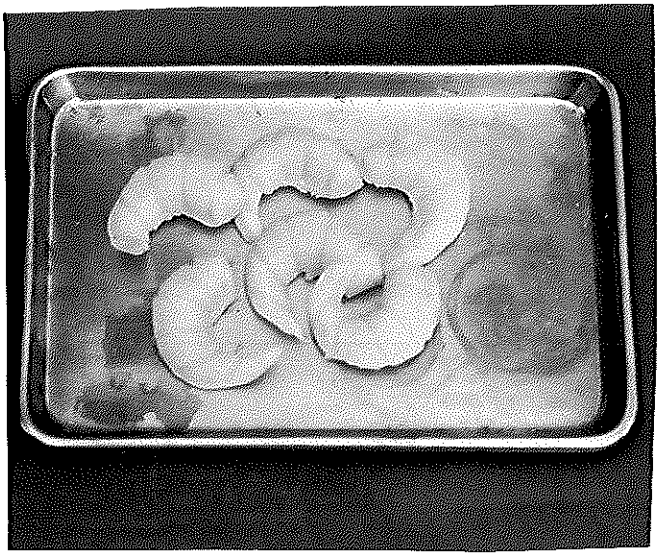
รูปที่ 14 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

ก สูตรพื้นฐาน

ข สูตรพัฒนากลิ่นรส



ก



ข

รูปที่ 15 ก กุ้งเทียมเติมรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติ
ข กุ้งเทียมที่เติมกลิ่นรสสังเคราะห์

การเปลี่ยนการใช้กลิ่นรสกุ้งจากกลิ่นรสกุ้งสกัดจากธรรมชาติเป็นกลิ่นรสกุ้งสังเคราะห์ นอกจากมีผลต่อกลิ่นรสแล้วยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้วย โดยความแข็งลดลงจากเดิม 1.05 เป็น 1.03 ความเหนียวเพิ่มขึ้นจาก 0.86 เป็น 0.92 และความฉ่ำเพิ่มขึ้นจาก 0.95 เป็น 1.06 ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะกลิ่นรสกุ้งสกัดทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มปริมาณไปแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างสามมิติของโมเลกุลโปรตีนที่เกิดเจล เมื่อเปลี่ยนใช้กลิ่นรสสังเคราะห์ความแข็งแรงของเจลที่ได้จึงลดลง ความเหนียวเพิ่มขึ้นเพราะการเติมกลิ่นรสสกัดซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่ใช่กล้ามเนื้อจะลดการยึดเกาะของเจลที่เกิดขึ้น เมื่อไม่เติมกลิ่นรสกุ้งสกัดเจลที่ได้จึงมีความยืดหยุ่นมากกว่าเดิม แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับค่าในอุดมคติ และสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาวขึ้นตามรูปที่ 15

ส่วนลักษณะปรากฏของกุ้งเทียมความเรียบของผิวกุ้งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.74 เป็น 0.89 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากกว่าเดิม ความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมมีค่าเข้าใกล้อุดมคติจาก 0.81 เป็น 0.95

จากการทดลองผลิตกุ้งเทียมจากซูริมิ สูตรที่พัฒนาแล้วประกอบด้วยเนื้อปลาบดเกลือโซเดียมคลอไรด์ น้ำแข็งบด น้ำตาล แป้งมันฝรั่ง ผงชูรส ไรโบไทด์ ไกลซีน โซเดียม-ซัคซิเนท กลิ่นกุ้งสังเคราะห์ ในปริมาณ 1000, 25, 400, 50, 70, 5, 0.1, 5, 0.3 และ 15 กรัม ตามลำดับ สับผสมโดยใช้เวลารวม 18 นาที จะได้เนื้อปลาบดแต่งกลิ่นรส นำมาเตรียมเป็นเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยแผ่เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมหนา 1-1.5 มิลลิเมตร บ่มที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 20 ชั่วโมง นำไปทำให้สุกโดยนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 30 นาที หั่นเจลที่ได้ให้มีขนาดกว้าง 2-3 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร เติมสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 10 ในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักเจล ทิ้งไว้ 15 นาที จะได้เจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส ผสมเจลที่ได้กับเนื้อปลาบดแต่งกลิ่นรสที่เตรียมใหม่ๆ ในอัตราส่วน 30 ต่อ 70 ส่วนโดยน้ำหนัก ทำการผสมในเครื่องนวดผสม ใช้ใบพัดนวดแบบใบโพธิ์ที่ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 2 นาที จนส่วนประกอบทั้งสองส่วนเข้ากันจะได้ส่วนผสมเนื้อกุ้งเทียม นำไปขึ้นรูปในแบบพิมพ์กุ้งโดยใช้กระบอกฉีดเนื้อปลา หลังจากนั้นให้ความร้อนกับแบบพิมพ์ในเตาอบไฟฟ้า อุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที ถอดตัวกุ้งเทียมออกจากแบบพิมพ์ตัดแต่งรูปร่างกุ้งเทียมและทาสีลายกุ้ง หลังจากนั้นนำกุ้งเทียมไปอบในเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 160 °ซ เป็นเวลา 7 นาที ในขั้นตอนนี้สีลายกุ้งจะติดแน่นกับผิวผลิตภัณฑ์ แล้วนึ่งกุ้งเทียมด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ นาน 10 นาที ทำให้เย็น 4 °ซ นำกุ้งเทียมที่ได้ไปแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสหรือ

ไครโอจีนิก บรรจุแบบสุญญากาศในถุงโพลีเอทธิลลีนแบบครัยโอแวค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ จะได้ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบเนื้อกุ้งเทียมสูตรพื้นฐานและสูตรพัฒนา

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)	
	สูตรพื้นฐาน	สูตรพัฒนา
เนื้อปลาบด (Surimi SA grade)	1,000	1,000
เกลือโซเดียมคลอไรด์	25	25
น้ำแข็งบด	200	400
น้ำตาลซูโครส	50	50
แป้งมันฝรั่ง	70	70
ผงชูรส (MSG)	5	5
ไรโบไทด์	0.1	0.1
ไกลซีน	1	5
โซเดียมซัคซิเนท	0.3	0.3
กลิ่นกุ้งสกัด	20	-
กลิ่นกุ้งสังเคราะห์ (Shrimp flavor)	2	15
สี	เท่าที่ต้องการ	

3. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมที่ผ่านการพัฒนาและยอมรับจากผู้บริโภค (จากข้อ 1-2) มาทำการแช่เยือกแข็งแบบแยกชิ้น 2 วิธี คือ วิธีเพลทสัมผัสที่อุณหภูมิของเครื่อง - 30°ซ และวิธีไครโอจีนิกโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็น เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี ได้ผลดังแสดงตามรูปที่ 16 ก และ ข อัตราการแช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ถึง - 20 °ซ สำหรับวิธีเพลทสัมผัสใช้เวลา 59 นาที ส่วนวิธีไครโอจีนิกใช้เวลา 7 นาที ส่วนการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ที่ทำการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี พบว่ามีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสในทุกปัจจัยได้รับคะแนนอัตราส่วนในช่วง 0.86 ถึง 1.09 วิธีไครโอจีนิกได้รับคะแนนอัตราส่วนในช่วง 0.83 ถึง 1.03 ผลิตภัณฑ์ที่ทำการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี มีคะแนนความชอบรวมในระดับที่เท่ากัน (ตารางผนวกที่ ง 3 ถึง ง 5)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังนี้คือ

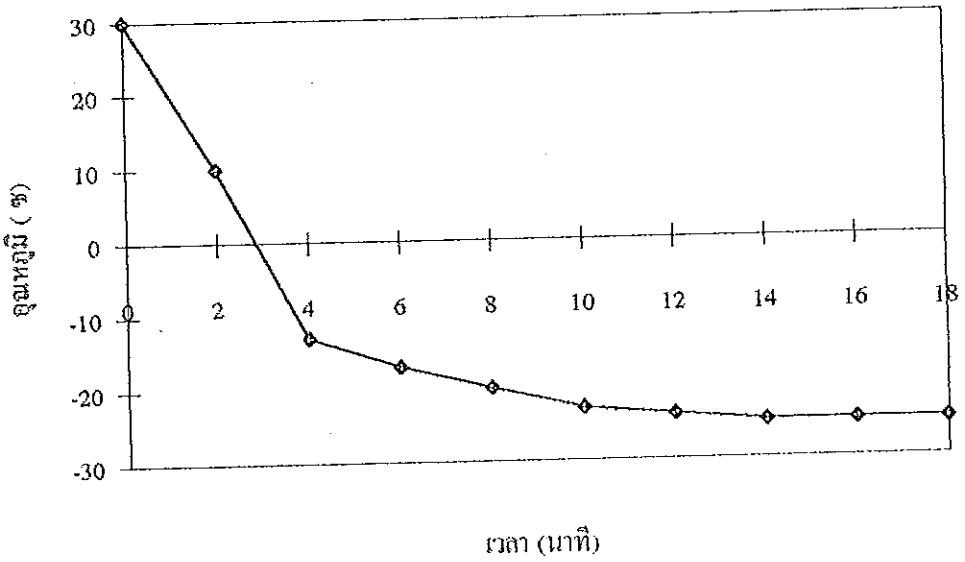
3.1 คุณภาพทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิกและเพลทสัมผัส มีปริมาณน้ำที่สูญเสียในช่วงร้อยละ 1.59 ถึง 3.83 และ 1.00-5.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 10 และรูปที่ 17) มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ ง 6) ในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าปริมาณน้ำที่สูญเสียของกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสมีค่าไม่สม่ำเสมอเหมือนวิธีไครโอจีนิก เพราะวิธีการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิกสารให้ความเย็นคือ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวฟนลงบนผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม ผลิตภัณฑ์จึงแข็งตัวอย่างรวดเร็วและได้รับความเย็นสม่ำเสมอกัน ผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิกน่าจะมีขนาดเล็กกว่า เมื่อนำมาหลอมละลายทำให้ปริมาณน้ำที่สูญเสียมีน้อยกว่ากุ้งเทียมที่แช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส ซึ่งต้องบรรจุลงในถาดใช้การนำความร้อนระหว่างการผลิตภัณฑ์กับแผ่นโลหะเย็นที่ใช้น้ำยาฟรีออนเป็นสารให้ความเย็นและได้รับความเย็นจากเพลทสัมผัสด้านเดียว

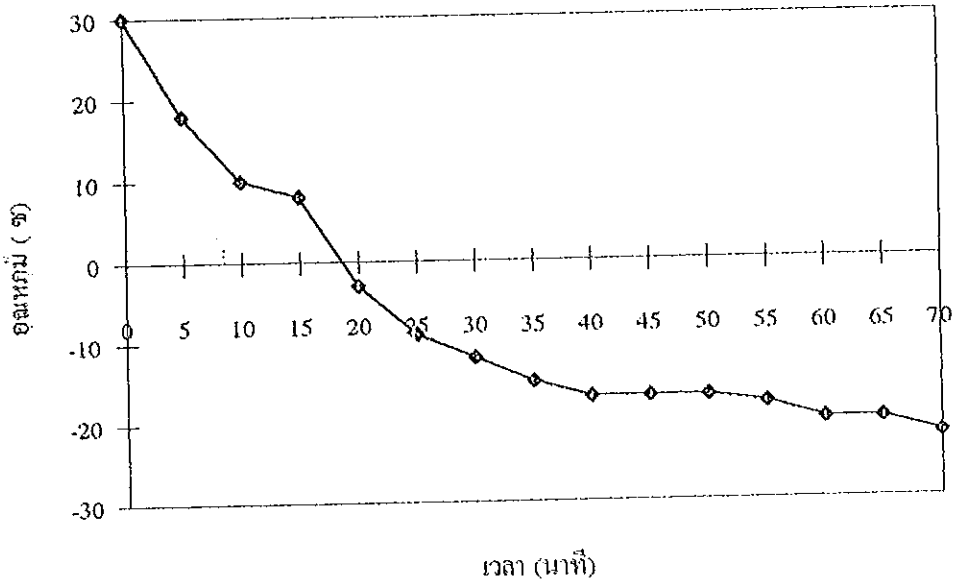
ส่วนวิธีไครโอจีนิกผลิตภัณฑ์ได้รับความเย็นจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รอบด้าน ดังนั้นวิธีเพลทสัมผัสจะใช้เวลานานกว่าและผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจะได้รับความเย็นไม่สม่ำเสมอทั่วกันทุกชิ้น อัตราเยือกแข็งช้ากว่าผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแบบเพลทสัมผัสจึงน่ามีขนาดใหญ่กว่ากุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิก ทำให้โปรตีนมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง (Lee and Toledo, 1976) ดังนั้นปริมาณน้ำที่สูญเสียในระหว่างการหลอมละลายจึงมีปริมาณและค่าความแปรปรวนมากกว่า (มยุรี จัยวัฒน์, 2532) ระหว่างการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 ห้องเก็บผลิตภัณฑ์ใช้ในการทดลองไฟฟ้าดับเป็นเวลานานกว่า 12 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งบางส่วนหลอมละลายไปบ้าง เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบปริมาณน้ำที่สูญเสีย จึงพบว่ากุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิกและเพลทสัมผัส เริ่มต้นมีค่าพีเอช 6.86 และ 6.84 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20 ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าพีเอชลดลงเป็น 6.69 และ 6.89 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2 คุณภาพทางเคมี

จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณภาพทางเคมีบางประการของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิกมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเกลือค่อนข้างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 78.85-75.12, 38.18-38.73, 1.04-1.20, 8.94-9.24, และ 1.68-1.76 ตามลำดับ ส่วนปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.38-9.45 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมีปริมาณด่างที่ระเหยได้เพิ่มขึ้น เพราะว่าแม้จะเก็บในอุณหภูมิต่ำ - 20 °ซ จุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตและผลิตด่างที่ระเหยได้ อย่างไรก็ตามปริมาณด่างที่ระเหยได้ที่พบในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับมาตรฐานไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อตัวอย่าง 100 กรัม (อำนวย โชติญานวงษ์, 2524) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีค่าเหมาะสมตามรายงานของ Lee (1986) ซึ่งความชื้นของผลิตภัณฑ์เลียนแบบอยู่ระหว่างร้อยละ 72 ถึง 78 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีนที่สูง ประกอบกับมีปริมาณไขมันต่ำเนื่องจากวัตถุดิบหลักมาจากเนื้อปลาบดซึ่งผ่านการล้างไขมันออกแล้ว ดังนั้นโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเสื่อมเสียจากการหืนมีเพียงเล็กน้อย



ก



ข

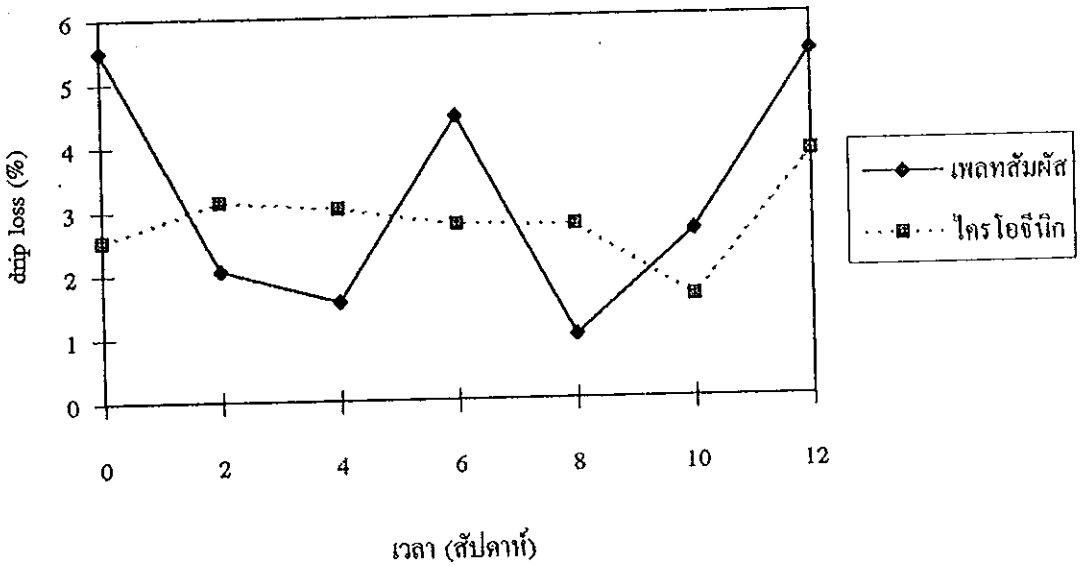
รูปที่ 16 อัตราการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมด้วยเครื่องแบบไครโอจีนิก (ก) และเครื่องแบบเพลทสัมผัส (ข)

ตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิกระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ

คุณภาพทางกายภาพ	วิธีการแช่เยือกแข็ง	สัปดาห์เริ่มต้น	หลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์
Drip loss (ร้อยละ) (ก)	เพลทสัมผัส	5.50±1.58	3.83±0.09
	ไครโอจีนิก	2.53±0.44	5.41±1.51
พีเอช (ข)	เพลทสัมผัส	6.86±0.02	6.69±0.02
	ไครโอจีนิก	6.84±0.02	6.68±0.02

(ก) ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

(ข) ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 4 ซ้ำ

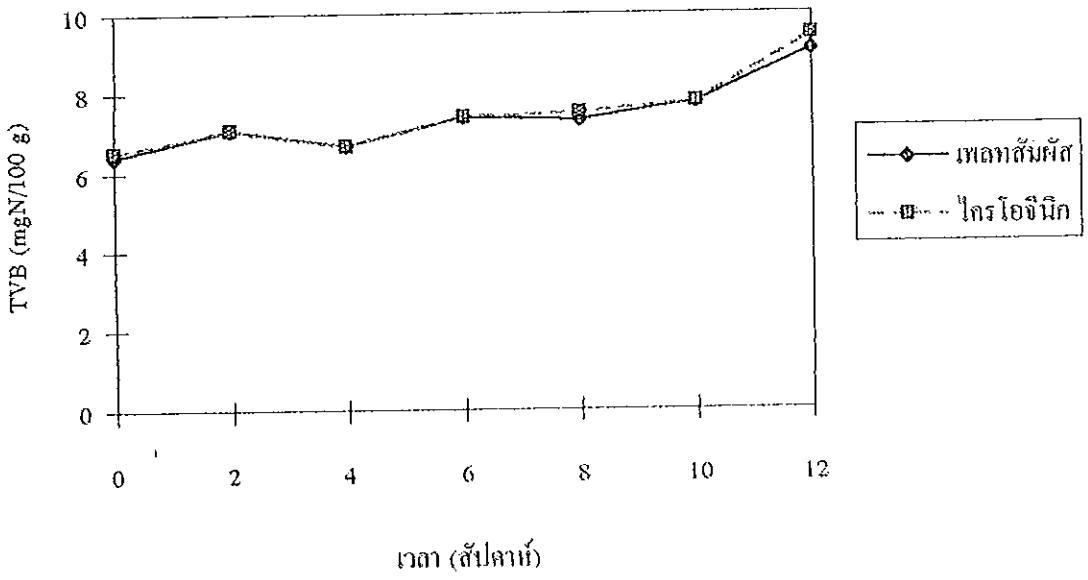


รูปที่ 17 ปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการหลอมละลายของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและวิธีไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ

ค่าทางเคมี #	วิธีแช่เยือกแข็ง	สัปดาห์เริ่มต้น	หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์
ความชื้น (ร้อยละ)	เพลทสัมผัส	78.85±0.81	75.35±0.18
	ไครโอจีนิก	75.88±0.16	76.15±0.39
เถ้า (ร้อยละ)	เพลทสัมผัส	9.24±0.01	9.14±0.04
	ไครโอจีนิก	9.02±0.02	8.94±0.16
โปรตีน (ร้อยละ)	เพลทสัมผัส	38.18±0.49	38.57±0.40
	ไครโอจีนิก	38.73±1.55	38.40±0.42
ไขมัน (ร้อยละ)	เพลทสัมผัส	1.20±0.29	1.04±0.43
	ไครโอจีนิก	1.18±0.16	1.19±0.51
เกลือ (ร้อยละ)	เพลทสัมผัส	1.76±0.10	1.74±0.04
	ไครโอจีนิก	1.70±0.15	1.68±0.04

ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีคำนวณจากน้ำหนักแห้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ



รูปที่ 18 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

เหมาะเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเพราะมีปริมาณไขมันและคอลเรสเตอรอลต่ำ (Yoon, *et al.*, 1988) ปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมเริ่มต้นและหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทั้งวิธีการแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงตามรูปที่ 19

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็งและความเหนียวของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิก และแบบเพลทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางภาคผนวกที่ ง 3) ความฉ่ำของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิกและเพลทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แบบมีแนวโน้มมีความฉ่ำลดลง

การที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ มีแนวโน้มความแข็ง ความเหนียวเพิ่มขึ้นและความฉ่ำลดลง เนื่องจากในการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เยือกแข็งเนื้อกุ้งเทียมบางส่วนยังคงมีของเหลวอยู่ในสภาพสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (supersaturated solution) แม้จะใช้อุณหภูมิต่ำมากในการเก็บรักษาซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงกลับไปมาระหว่างผลึกน้ำแข็งกับสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวดนี้ด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของตัวละลาย ซึ่งจะเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นใหม่และมีขนาดใหญ่ขึ้น (Freeze syneresis) เมื่อเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนจะลดลง เมื่อหลอมละลายผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เยือกแข็งจะมีปริมาณน้ำสูญเสียมากขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสจะแข็งและเหนียวคล้ายยาง (Lee and Toledo, 1976) ผลที่เกิดขึ้นคล้ายคลึงกับการใช้อัตราการแช่เยือกแข็งอย่างช้า (MacDonald and Lanier, 1991) ลักษณะเนื้อสัมผัสจึงมีความแข็งและเหนียวเพิ่มขึ้น แต่ความฉ่ำลดลงเพราะสูญเสียน้ำจากผลิตภัณฑ์ (Lee, 1986)

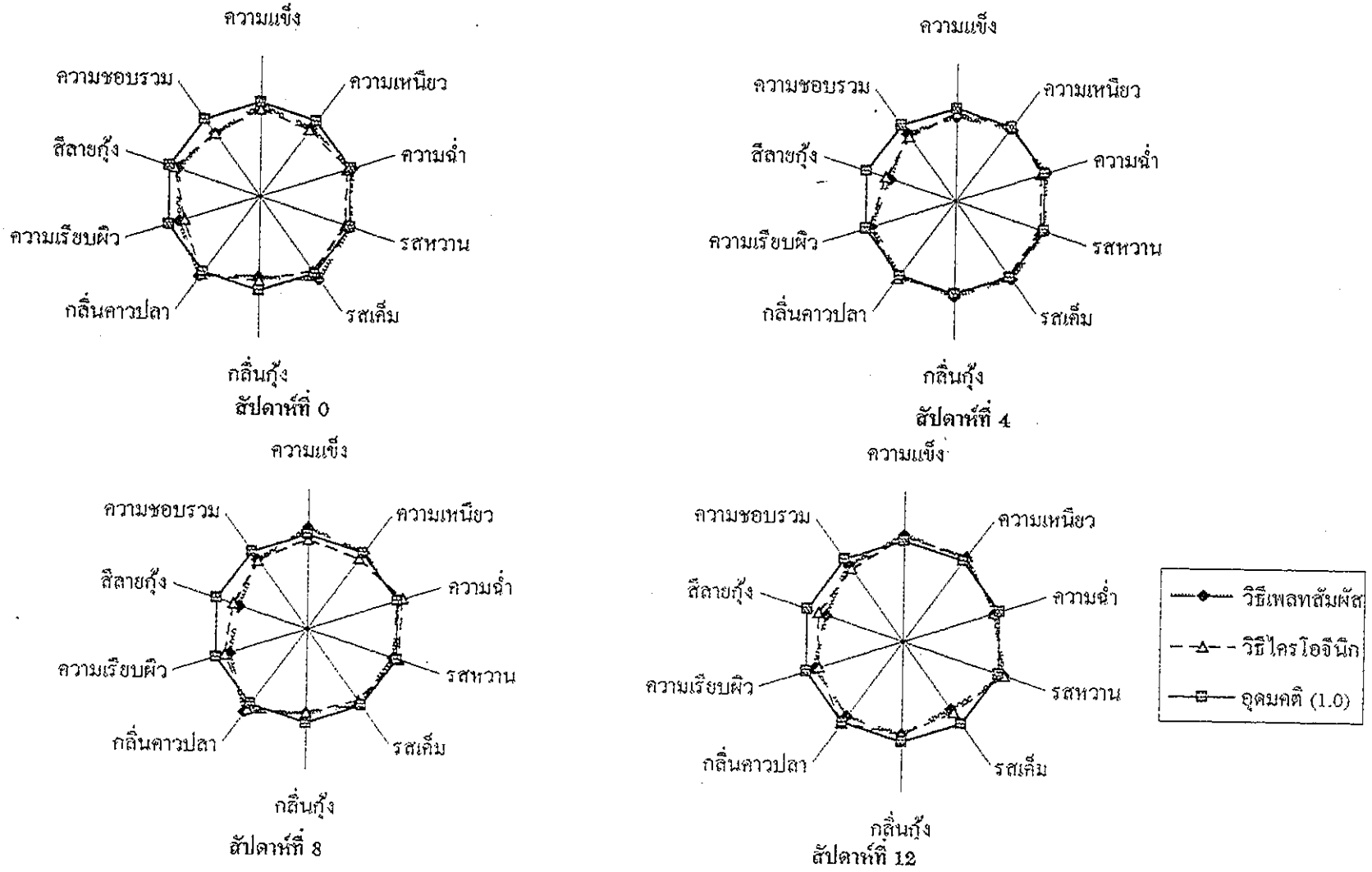
รสชาติของผลิตภัณฑ์

รสหวานและรสเค็มของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิก และเพลทสัมผัสมีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ .($p>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยพบว่ารสหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เล็กน้อย ส่วนรสเค็มมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางผนวกที่ ง 4) การที่รสเค็มมีค่าลดลง เนื่องมาจากเกลือสูญเสียไปกับการหลอมละลายผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมก่อนการทดสอบชิม ส่วนการที่รสหวานกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเพราะสารให้ความหวานคือน้ำตาลซูโครสและไกลซีนมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าโซเดียมคลอไรด์จะถูกกักเก็บไว้ในระหว่างร่างแหของโปรตีนที่เกิดเจลของซูริมิ เมื่อผลิตภัณฑ์กุ้งเกิดการสูญเสียน้ำ ความเข้มข้นของสารทั้งสองจึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทำให้รสหวานมีความเข้มมากขึ้น (Lanier and Lee, 1992)

กลิ่นกุ้งและกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิก และเพลทสัมผัสมีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา โดยกลิ่นรสกุ้งที่ใช้ในการทดลองมีความเสถียร แม้จะเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานและผ่านการหลอมละลายในการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ความร้อน 90 °ซ ก็ตาม โดยคะแนนอัตราเฉลี่ยการยอมรับกลิ่นกุ้งและกลิ่นคาวปลาของผลิตภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) จากความต้องการของผู้บริโภคโดยมีค่าความแปรปรวนน้อยมาก (ตารางผนวกที่ ง 4)

ความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวม ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งทั้ง 2 แบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการรักษา โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แบบมีคะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างค่าของตัวอย่างกับค่าในอุดมคติของการยอมรับอยู่ในเกฑณ์ดีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.82-0.94



รูปที่ 19 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

3.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12 ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมีค่า 2.83×10^3 และ 2.64×10^3 โคโลนีต่อกรัม ในผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีไครโอจีนิกและเพลทสัมผัสตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเป็น 2.75×10^2 และ 3.25×10^2 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ อาจเป็นเพราะการบรรจุในถุงครัยโอแวคเป็นภาชนะสุญญากาศทำให้อากาศซึมผ่านได้ยาก จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศจึงลดจำนวนลง หลังจากนั้นจุลินทรีย์มีปริมาณอยู่ในช่วง $3.70 - 9.80 \times 10^3$ โคโลนีต่อกรัม และตรวจไม่พบ coliform, Escherichia coli , Salmonella spp. , Staphylococcus aureus และ Vibrio parahaemolyticus ในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดแช่เยือกแข็ง กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^7 โคโลนีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533) ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งจึงมีคุณภาพเหมาะสมปลอดภัยในการบริโภค

ตารางที่ 12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัส และไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ - 20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด # (โคโลนีต่อกรัม)	
	แช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส	แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิก
0	$(2.64 \pm 0.31) \times 10^3$	$(2.83 \pm 0.14) \times 10^3$
2	$(3.25 \pm 0.95) \times 10^2$	$(2.75 \pm 0.85) \times 10^2$
4	$(3.70 \pm 0.60) \times 10^3$	$(3.90 \pm 0.65) \times 10^3$
6	$(4.25 \pm 0.35) \times 10^3$	$(4.50 \pm 0.50) \times 10^3$
8	$(9.80 \pm 0.40) \times 10^3$	$(9.35 \pm 1.00) \times 10^3$
10	$(5.85 \pm 0.85) \times 10^3$	$(6.50 \pm 0.50) \times 10^3$
12	$(5.45 \pm 0.45) \times 10^3$	$(5.45 \pm 0.35) \times 10^3$

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ชุดการทดลองๆ 2 ซ้ำ

4. การประเมินต้นทุนวัตถุดิบการผลิตกุ้งเทียม

เมื่อใช้ส่วนผสมที่ปรับปรุงสูตรแล้วพบว่าวัตถุดิบทั้งหมดมีน้ำหนัก 1572.45 กรัม มีราคา 79.80 บาท (ตามตารางผนวกที่ ข 1) เมื่อนำมาสับผสมผลิตเป็นกุ้งเทียมแล้วได้ผลผลิตร้อยละ 83.61 คิดเป็นน้ำหนักกุ้งเทียม 1314.66 กรัม ดังนั้นกุ้งเทียม 1 กิโลกรัมมีราคาวัตถุดิบ (79.80x1000)/1314.66 = 60.70 บาท ซึ่งเป็นราคาต้นทุนที่ต่ำเมื่อเทียบกับราคาผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด เช่น ปูเทียมผลิตในประเทศราคาเฉลี่ย 130 บาทต่อกิโลกรัม และเนื้อปูเทียม (คามิ) ราคา 238 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น (ข้อมูลจากการสำรวจตลาด ตารางผนวกที่ ข 2)

สำหรับการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์สามารถใช้ได้ทั้งวิธีไครโอจีนิกซึ่งมีความรวดเร็วในการผลิต หรือ ใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสสามารถผลิตกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งได้เช่นกัน โดยคุณภาพผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นการแช่เยือกแข็งสามารถใช้เครื่องมือเดิมที่มีอยู่แล้วได้ ส่วนการประเมินราคาดำเนินการผลิตไม่สามารถคำนวณได้เพราะในการทดลองไม่ได้ใช้กำลังเครื่องเต็มที ซึ่งเมื่อทำการผลิตจำนวนมากขึ้นต้นทุนการดำเนินการต่อหน่วยจะลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มที่น่าสนใจให้ผลตอบแทนสูงและเป็นแนวทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคมีโอกาสเลือกผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 4

สรุป

การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมจากซูริมิ โดยศึกษาเวลาการสับผสมที่เหมาะสม พบว่าเวลาการสับผสมรวม 18 นาที โดยใช้เครื่องสับผสม สับผสมซูริมิ 2 นาที แล้วสับผสมซูริมิและเครื่องปรุง 6 นาที และสับผสมต่อไปอีก 10 นาที พบว่าผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์สูงสุด โดยมีส่วนประกอบที่พัฒนาให้ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติของผู้บริโภคมากที่สุด คือ ซูริมิ เกลือ น้ำแข็งบด น้ำตาลซูโครส แป้งมันฝรั่ง ผงซูรส ไรโบไทด์ ไกลซีน โซเดียมซัคซิเนท กลิ่นกุ้งสังเคราะห์ ในปริมาณ 1000, 25, 400, 50, 70, 5, 0.1, 5, 0.3 และ 15 กรัม ตามลำดับ และการใช้สีแดง Ponceau 4R ดัชนีสี 16255 ผสมกับสีเหลืองไข่ Sunset Yellow FCF ดัชนีสี 15989 อัตราส่วน 2:10 เพื่อให้สีลายกุ้ง

ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมสามารถนำไปแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก โดยอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ถึง -20 °ซ ใช้เวลา 59 และ 7 นาที ตามลำดับ พบว่าค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ากุ้งเทียมที่ผ่านการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นกัน แต่พบว่าค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างการหลอมละลายของกุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสมีค่าสูงและมีความแปรปรวนมากกว่าวิธีไครโอจีนิก ส่วนคุณภาพทางเคมีพบว่า กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งทั้งสองวิธีมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) จากค่าเริ่มต้น ยกเว้นปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามค่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกุ้งแช่เยือกแข็ง คือ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อ 1000 กรัมตัวอย่าง

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งทั้งสองแบบในระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทุกคุณลักษณะยังเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค แม้ว่าลักษณะเนื้อสัมผัสจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปบ้างก็ตาม และพบว่าบรรจุภัณฑ์ถุงครัยโอแวคสามารถนำมาเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งได้ดี

จากการประเมินต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมมีต้นทุน 60.70 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับราคาผลิตภัณฑ์เลียนแบบอื่นๆ ในตลาดยังมีราคาต่ำกว่ามากจึงเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ

ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตกุ้งเทียมเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปแบบซับซ้อน ต้องนำเจลที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสผสมทำเป็นเนื้อกุ้งเทียม และขึ้นรูปร่างในแบบพิมพ์กุ้ง ในขั้นตอนนี้มีการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากมีเนื้อกุ้งเทียมติดกับแบบพิมพ์ อาจแก้ไขโดยการใช้วัสดุที่มีพื้นผิวมันทำให้เนื้อกุ้งไม่ติดแบบพิมพ์ เช่น เทปลอน หรือใช้วิธีเอ็กซ์ทรูดแทนการขึ้นรูปในแบบพิมพ์ เพื่อลดการสูญเสีย หรืออาจนำวัสดุเศษเหลือจากที่ติดแบบพิมพ์มาเข้ากระบวนการผลิตขึ้นรูปกุ้งอีกครั้ง
2. สีลายกุ้งเมื่อพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แม้จะผ่านการให้ความร้อนเพื่อเป็นการยึดสีติดกับผิวกุ้ง แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลานาน พบว่าสียังมีการซึมทำให้ลายกุ้งไม่ชัดเจน อาจแก้ไขโดยการทดลองสีชนิดใหม่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า Ponceau 4 R และ Sunset Yellow อัตราการซึมของสีอาจจะน้อยลง
3. กลิ่นรสกุ้งเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบทุกชนิด ในการผลิตกุ้งเทียมเช่นเดียวกัน แม้ว่าในการทดลองจะใช้กลิ่นรสสังเคราะห์มีความเข้มข้นของกลิ่นสูง เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค แต่เมื่อใช้กลิ่นรสสังเคราะห์ (FL 105) ในปริมาณมาก โดยจะมีรสขม ดังนั้นการทดลองกลิ่นรสกุ้งชนิดใหม่ ๆ จึงน่าจะเป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมให้มีรสชาติใกล้เคียงกุ้งจริงมากขึ้น
4. ลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียมเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานาน จะมีการเปลี่ยนแปลงไป คือ มีแนวโน้มความแข็งมากขึ้น และสูญเสียน้ำในระหว่างหลอมละลายก่อนนำมาบริโภค การเติมเซลลูโลสลงไปในปริมาณร้อยละ 1 ถึง 2 สามารถปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีความคงทนการเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็งได้ดีขึ้น (Yoon and Lee, 1990) จึงน่าทำการศึกษาต่อไป

5. แม้ว่าต้นทุนวัตถุดิบการผลิตกุ้งเทียมมีราคาต่ำ แต่ยังขาดการศึกษาต้นทุนอื่นๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ พลังงานในการผลิต จึงควรมีการทดลองผลิตปริมาณมากขึ้น เพื่อทำการคิดต้นทุนการผลิตได้ดีขึ้น

6. ในการทดลองการผลิตกุ้งเทียมใช้ซูริมิเกรด SA มีราคาสูงถึง 70 บาทต่อกิโลกรัม ขณะเดียวกันการผลิตปูเทียมในอุตสาหกรรมปัจจุบันใช้ซูริมิเกรด AA ราคา 45 บาทต่อกิโลกรัม มีราคาต่ำกว่ามาก แนวทางการผลิตกุ้งเทียมควรปรับปรุงนำซูริมิเกรด AA มาทดลองผลิตจะลดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ ซึ่งการลดเกรดของซูริมิจะมีผลต่อความแข็งแรงเจล ความสามารถในการอุ้มน้ำและความขาว แนวทางการปรับปรุงความแข็งแรงเจลและความสามารถในการอุ้มน้ำจะเพิ่มเวลาการสับผสม หรือปรับปริมาณแป้งที่ใช้ในสูตรกุ้งเทียม ส่วนความขาวของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมสามารถเพิ่มโดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 0.5-1.5 (Lanier and Lee, 1992) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เลียนแบบ

เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมอาหาร งานควบคุมมาตรฐาน. 2530. พระราชบัญญัติอาหาร พศ.2522. กฎกระทรวงสาธารณสุข.

จิราวรรณ แย้มประยูร. 2530. การเก็บรักษาและการใช้เนื้อปลาที่แยกกระดูกแล้วด้วยเครื่องในการผลิตลูกชิ้น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

นิรนาม. 2538 ก. เส้นทางเกษตร-อุตสาหกรรมไทย ความเปลี่ยนแปลงเพื่อก้าวสู่ผู้นำเศรษฐกิจโลก. นิตยสารอุตสาหกรรม 6/188, 45-62.

นิรนาม. 2538 ข. วารสารสรุปข่าวธุรกิจ ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย จำกัด :3-14

ประชา บุญญสิริกูล. 2537. บทบาทของเอ็กซ์ทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย. อาหาร (24)1 : 1-12.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2534. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ไพศาล เหล่าสุวรรณ 2535. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มยุรี จัยวัฒน์. 2532. การให้ความเย็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย 2531. การใช้ Ratio Profile Test ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์. อาหาร 18(1) : 11-12

ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุเจือปนอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบด (ซูริมิ) แช่เยือกแข็ง. มอก. 935-2533. กระทรวงอุตสาหกรรม 12 กรกฎาคม 2533.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2536. การใช้ฟอสเฟตในอาหารทะเล. อาหาร 23(1) : 7-12.

สุภาพรรณ บริลเลียนเตส. 2535. ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ. ว.การประมง 45(3) : 833-838

สุภาพรรณ สุขประทุม. 2529. ผลิตภัณฑ์จากซูริมิ. อาหาร 16(2) : 74-75

สมยศ จรรยาวิลาส, พรศักดิ์ มนัสศิริเพ็ญ และสมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม. 2533. การทำปลาเส้น. อาหาร 20(1) : 4-17.

อุดม สุนทรวิภาค, ผ่องเพ็ญ รัตตกุล, จิราวรรณ แย้มประยูร และเฉลิม พัฒน์วิบูลย์. 2530. ซูริมิ. ว.การประมง 40(1) : 71-73

อำนวย โชติญานวงษ์. 2524. การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ประมง. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AFDF. 1987. Surimi : It's American now. Project summary 1982-1987. Alaska Pollock surimi industry development project. The Alaska Whiters Group. Anchorage. Alaska.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Chemists. Washington, DC.

Babbitt, J.K. ; Koury, B. ; Croninger, H. and Spinelli, J. 1984. Observation on reprocessing frozen Alaka Pollack (*Theragra chalcogramma*) J.Food Sci. 49 : 323.

Boye, S.W. and Lanier, T.C. 1988. Effect of heat-stable alkaline protease activity of Atlantic Menhaden (*Brevoorti tyranus*) on surimi gels.J.Food Sci. 53: 1340-1342.

Branen, A.L, Davidson,P.M. and Salmimens,S. 1990. Food Additives. New York : Marcel Dekker. 736 p.

Chung, K.H., Lee, C.M. 1991. Water binding and ingredient dispersion pattern effects on surimi gel texture. J.Food Sci. 56 : 1263-1266.

Dziezak, J.D. 1990. Phosphates improve many foods. Food Technol. 44 : 80-92.

Furia, T.E. and Bellaca, N. 1975. Fenaroli's Handbook of Flavour Ingredients 2nd ed . Cleveland Ohio, CRC Press.

Hamann, D.D. ; Amato, P.M. ; Wu, M.C. and Foegeding, E.A. 1990. Inhibition of modori (gel weakening) in surimi by plasma hydrolysate and egg white. J.Food Sci. 55 : 665-669.

Hasegawa, H. 1987. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Products. Marine Fisheries Research Department. SEAFDEC. Singapore

Hice, J.O. and Webb, G.J. 1981. Apparatus for producing a restructured food product. U.S.patent. 4,303,008.

Hollingworth, T.A. ; Wekell, M.M. ; Sullivan, J.J. ; Torkelson, J.D. and Throm, H.R. 1990. Chemical indicator of decomposition for raw surimi and flake artificial crab. J.Food Sci. 55 : 349-352.

Ikeuchi, H. and Ikeuchi, K. 1987. Method for production a food product simulating shellfish. U.S.patent 4,692,341

Kanawa, F.S. 1988. Crustacean forming process. U.S.patent 4,720,391

Kim, J.M. and Lee, C.M. 1987. Effect of starch of textural properties of surimi gel. J.Food Sci. 52(3) : 722-725.

Lanier, T.C. 1986. Functional properties of surimi. Food Technol. 40 (3) : 107.

Lanier, T.C. and Lee, C.M. 1992. Surimi Technology. New York. Marcel Dekker, INC. . 528 pp.

Lee, C.M. 1984. Surimi process technology. Food Technol. 38 (1) : 69-80

Lee, C.M. 1986. Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based product. Food Technol. 40 : 115-124.

Lee, C.M. and Toledo. 1979. Processing and ingredient influences on texture of cooked comminuted fish muscle. J.Food Sci. 44 : 1615-1618.

Lee, C.M. ; Aguilar, P.R. ; Crawford, L. and Lampila, L.E. 1989. Proteolytic activity of surimi from Pacific Whiting (Merlucius products) and heat-set gel texture. J.Food Sci. 54 : 1116-1124.

Lee, H.G. ; Lee, C.M ; Chung, K.H. and Lavery, S.A. 1992. Sodium ascorbate affects surimi gel-formimg properties J.Food Sci. 57 : 1343-1344.

MacDonald, G.A. and Lanier, T. 1991. Carbohydrates as cryoprotectants for meats and surimi . Food Technol. 151-157.

Matsubara, H. 1990. Shrimp forming process. U.S.patent 4,900,570

Min, T.S. ; Chung, N.M. ; Fujiwara, T. ; Kuang, H.K. and Hasegawa, H. 1987. Handbook on the Processing of Frozen Surimi and Fish Jelly Products in Southeast Asia. Singapore : Koon Wah Printing Pte Ltd. 30 pp.

Niwa, E. ; Nishimura, K. and Kanoh, S. 1990. New cooked fish paste from frozen Alaska pollack surimi. Agric.Biol.Chem. 54 (2) : 387-391.

Ochi, H. 1980. Production and application of natural seafood extracts. Food Technol. 34(11):51-68.

Patashink, M.G., Kudo, G. and Miyauchui, D. 1974. Bone particle content of some minced fish muscle. J.Food Sci. 39 : 588-591.

Raj, M.C.V. and Chandrasekhar, T.C. 1986. High temperature processing of fish sausage, I. An improved technique. Fishery Technology. 23 : 146-148.

Regenstein, J.M. 1986. The potential minced fish. Food Technol. 40 : 101-108.

Roussel, H. and Cheftel, J.C. 1990. Mechanisms of gelation of sardine proteins: influence of thermal processing and of various additives on the texture and protein solubility of kamaboko gels. Inter.J. Food Sci. & Technol. (25) : 260-280.

Saeki, H. ; Iseya, Z. ; Sugiura, S. and Seki, N. 1995. Gel forming characteristics of frozen surimi from chum salmon in the presence of protease inhibitors. J. Food Sci. 60 : 917-928.

Sasamoto, Y., Atsumi, T., Suzuki, S. and Hoshi, M. 1987. Process for preparing prawn-like food. U.S. patent 4,666,720

Speck, M.L. 1984. Compendium of Methods for the Microbiological Exmination of Foods. 2nd ed. Washington D.C. American Public Heath Association.

Stone, J. ; Sidel, J. ; Oliver, S. and Woolsey, A. 1987. Sensory evaluation by quanlitative descriptive analysis. Food Technol. 28(11) : 24-34

Sugino, Y. and Yamamoto, N. 1982. Simulated shrimp meat and process for preparing same. U.S.patent. 4,362,752

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein : Processing Technology. London : Applied Science Publishers Ltd. pp. 1-145.

Suzuki, T. 1985. Fish slurry processing method. U.S.patent 4,557,940.

Suzuki, T. and Matsubara, H. 1989. Method for producing a fish slurry into edible product. U.S. patent 4,853,239.

Sych, J. ; Lacroix, C. ; Adambounou, L.T. and Castaigne, F. 1990. Cryoprotection effects of some material on cod-surimi protein during frozen storage. J.Food Sci. 55 : 1222-1227.

Tanikawa, E. 1985. Marine Products in Japan. Tokyo : Koseisha Koseikoku Publishers Ltd. 502 pp.

Yoon, H.I. ; Matahes, J.R. and Rasco, B. 1988. Microbilogical and chemical change of surimi-based immitation crab during storage. J. Food Sci. 53 : 1343-1346

Yoon, K.S. and Lee, C.M. 1990. Effect of powdered cellulose on the texture and freeze-thaw stability of surimi-based shellfish analog products. J.Food Sci. 55 : 87-91.

ภาคผนวก ก แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

แบบ ก 1. แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแบบเรียงลำดับความชอบ

ชื่อ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม เตรียมจากเนื้อปลาบดผสมกลิ่นรสกุ้ง กรุณาทดสอบชิมและเรียงลำดับความชอบ ในลักษณะเนื้อสัมผัส

ตัวอย่าง	ลำดับความชอบ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

หมายเหตุ คะแนน 4 = ชอบมากที่สุด

คะแนน 3 = ชอบปานกลาง

คะแนน 2 = ชอบน้อย

คะแนน 1 = ชอบน้อยที่สุด

แบบ ก 2. แบบทดสอบชิมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม

ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

กรุณาชิมตัวอย่างกุ้งเทียมและขีดเครื่องหมายและระบุรหัสตัวอย่างลงบนเส้นของแต่ละปัจจัยคุณภาพ ณ จุดที่ตรงกับความรู้สึกและขีดเครื่องหมาย I ตรงที่ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์มี

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง _____

น้อย มาก

ความเหนียวยืดหยุ่น _____

น้อย มาก

ความฉ่ำ _____

น้อย มาก

ความชอบรวม _____

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ.....

.....

แบบ ก 3. แบบประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม และการยอมรับผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมในระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

กรุณาชิมตัวอย่างกุ้งเทียมและขีดเครื่องหมาย "|" ลงบนเส้นของแต่ละปัจจัยคุณภาพ ณ จุดที่ตรงกับความรู้สึกที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีและเขียนรหัสตัวอย่างบนเส้นส่วนที่ท่านรู้สึกได้จากการชิมตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ

ความเรียบของตัวกุ้ง _____

น้อย มาก

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง _____

น้อย มาก

ความเหนียว _____

น้อย มาก

ความฉ่ำ _____

น้อย มาก

กลิ่นรส

รสหวาน _____

น้อย มาก

รสเค็ม _____

น้อย มาก

กลิ่นกุ้ง _____

น้อย มาก

กลิ่นคาวปลา _____

น้อย มาก

ความชอบรวม _____

น้อย มาก

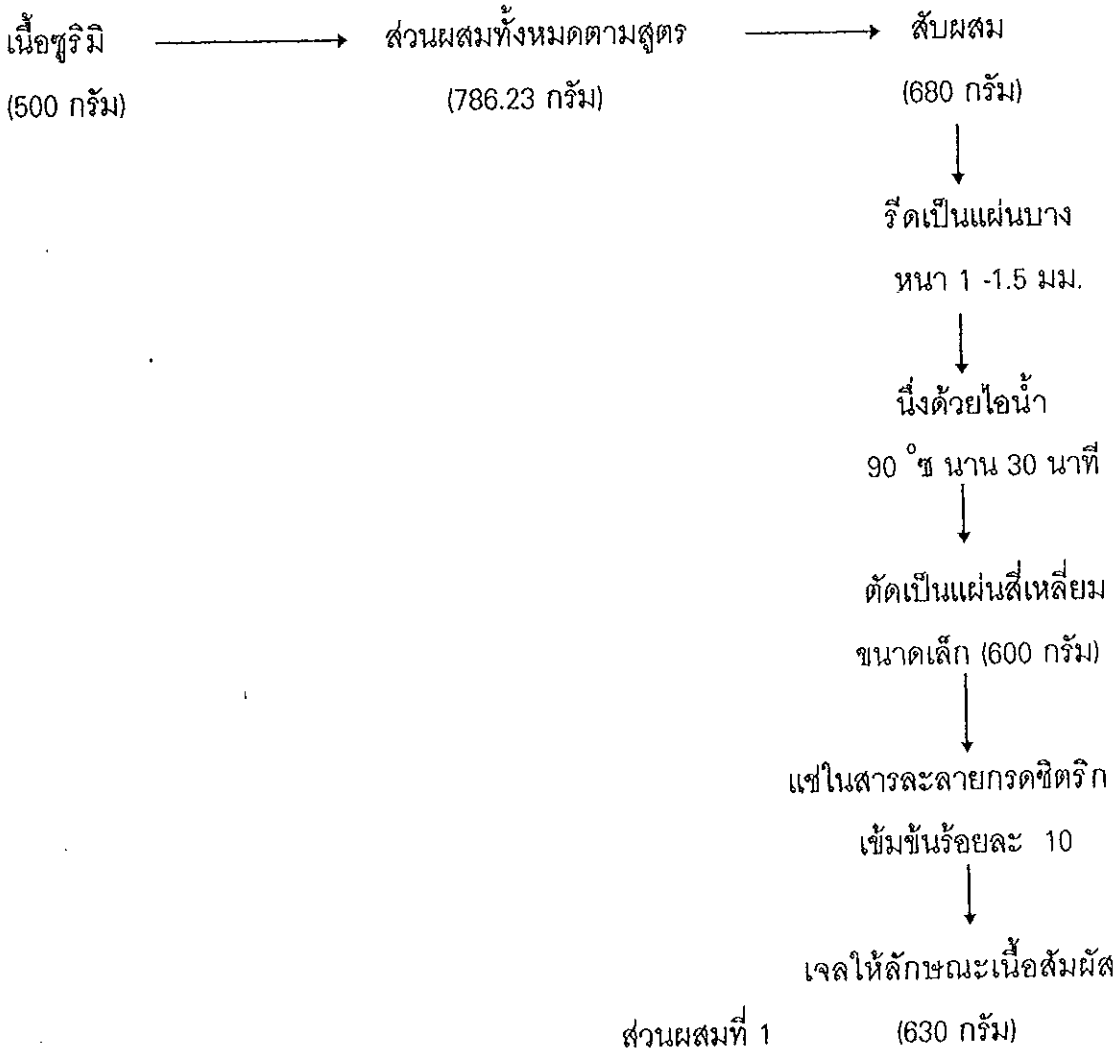
ข้อเสนอแนะ.....

.....

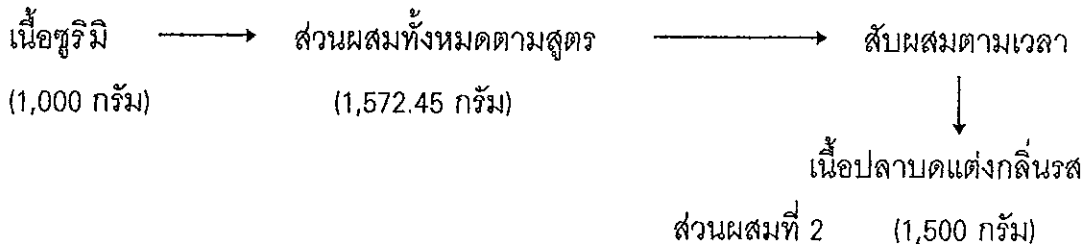
ภาคผนวก ข การประเมินต้นทุนวัตถุดิบกุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง

ตารางผนวกที่ ข 1 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตกุ้งเทียมแช่เยือกแข็ง

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)	ราคา/กิโลกรัม (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
เนื้อปลาบด (Surimi SA grade)	1,000	70	70.00
เกลือโซเดียมคลอไรด์	25	4	0.10
น้ำแข็งบด	400	3	1.20
น้ำตาลซูโครส	50	14	0.70
แป้งมันฝรั่ง	70	18	1.26
ผงชูรส	5	50	0.25
ไรโบไทด์	0.1	1,100	0.11
ไกลซีน	5	150	0.75
โซเดียมซัคซิเนท	0.3	450	0.135
กลิ่นกุ้ง (Shrimp flavour)	15	350	5.25
สี	เท่าที่ต้องการ (0.05)	800	0.04
	1,572.45		79.80



รูปผนวกที่ ข 1 แผนผังแสดงการผลิตเจลให้ลักษณะเนื้อสัมผัส



รูปผนวกที่ ข 2 แผนผังการผลิตเนื้อปลาบดแต่งกลิ่นรส

ส่วนที่ 1 + ส่วนผสมที่ 2 ⟶ ผสมด้วยเครื่อง Kitchen Aid

(630 กรัม) (1,500 กรัม) ใบพัดแบบใบโพธิ์

อัตราส่วน 30 : 70 ความเร็วระดับ 2 (2,130 กรัม)

↓

เนื้อกุ้งเทียม (2,090 กรัม)

↓

ขึ้นรูปในแบบพิมพ์กุ้ง

↓

อบที่อุณหภูมิ 160 °ซ

นาน 7 นาที

↓

ถอดแบบพิมพ์ (2,057 กรัม)

↓

แต่งสีลายกุ้ง

↓

อบที่อุณหภูมิ 160 °ซ

นาน 7 นาที

↓

นึ่งด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 90 °ซ

นาน 10 นาที

↓

ทำให้เย็นในห้อง 4 °ซ

↓

ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม (1,972 กรัม)

รูปผนวกที่ ข 3 แผนผังการผลิตกุ้งเทียม

การคำนวณ % Yeild ของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียม

เนื้อซูริมิ	1,500	กรัม
ส่วนผสมทั้งหมดตามสูตรที่ปรับปรุงแล้ว	2,358.68	กรัม
ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมที่ได้	1,972	กรัม

คิดเป็น % ผลผลิตจากการทดลอง = $\frac{1,972 \times 100}{2,358.68}$

= 83.61

ส่วนผสมกุ้งเทียม 2,358.68 กรัม ได้กุ้งเทียมจากการทดลอง 1,972 กรัม

ส่วนผสมกุ้งเทียม 1,572.45 กรัม ได้กุ้งเทียมจากสูตร $\frac{1,972 \times 1,572.45}{2,358.68}$

= 1,314.66 กรัม

ส่วนผสมกุ้งเทียม 1,572.45 กรัม ราคาวัตถุดิบ 79.80 บาท เตรียมกุ้งเทียม (ตารางผนวกที่ ข 1) ได้ 1,314.66 กรัม

กุ้งเทียม 1,000 กรัม มีราคา = $\frac{79.80 \times 1,000}{1,314.66}$

= 60.70 บาท

ดังนั้นกุ้งเทียมมีราคาต้นทุนวัตถุดิบ 60.70 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางผนวกที่ ข 2 ราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์เลียนแบบ

ผลิตภัณฑ์	ผู้ผลิต	ราคา / กิโลกรัม (บาท)
ขาปูเทียม	A & N FOOD CO. LTD	135
ขาปูเทียม	ปริษัทแปซิฟิคแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด	146
เนื้อปูเทียม (คามิ)	บริษัทลักกี้ยูเนียนฟู้ด จำกัด	238
ขาปูเทียม	บริษัทโอซาคิซุยซิน จำกัด ประเทศญี่ปุ่น	354
ขาปูเทียม	บริษัทคิบูน (ไทยแลนด์) จำกัด	110

ที่มา : จากการสำรวจข้อมูลที่บริษัทสยามแมคโคร จำกัด (มหาชน) สาขาหาดใหญ่
เมื่อวันที่ 5 มกราคม 2539

ภาคผนวก ค การทำแบบพิมพ์กุ้งเทียมอลูมิเนียมอัลลอยด์

วิธีทำ

1. นำไม้อัดทำเป็นกรอบไม้ขนาดกว้าง x ยาว x สูง 70 x 70 x 50 มิลลิเมตรโดยประมาณ
2. ผสมปูนพลาสเตอร์เทลงในแบบกรอบไม้สูงครึ่งหนึ่ง
3. นำกุ้งขนาดตามต้องการ ต้ม ปลอกเปลือก เด็ดหางและหัวกุ้งออก กดตัวกุ้งลงในปูนพลาสเตอร์ จนตัวกุ้งจมลงในปูนพลาสเตอร์ครึ่งหนึ่งทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง
4. หลังจากนั้นเทปูนพลาสเตอร์ลงในแบบกรอบไม้จนเสมอขอบ ทิ้งไว้ให้แห้ง ถอดแบบไม้ออก และแยกแบบพิมพ์ทั้งสองข้างออกจากกัน ตกแต่งขอบผิวแบบพิมพ์
5. นำแบบพิมพ์ที่ได้มากดลงบนทรายสำหรับหล่อแบบพิมพ์อลูมิเนียมอัลลอยด์ เทอลูมิเนียมที่หลอมเหลวลงในแบบพิมพ์ทราย ทิ้งไว้ให้เย็น
6. นำแบบพิมพ์อลูมิเนียมอัลลอยด์ไปกลึงตกแต่งขอบแบบพิมพ์ และเจาะทำสลักยึดแบบพิมพ์ทั้งสองเข้าด้วยกัน จะได้แบบพิมพ์สำหรับผลิตกุ้งเทียม ดังรูปที่ 1

ภาคผนวก ง คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางผนวกที่ ง 1 อัตราส่วนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าคะแนนตัวอย่าง (S) #	ค่าคะแนนในอุดมคติ (I)	อัตราส่วนเฉลี่ย (S / I)
ลักษณะปรากฏ			
ความเรียบตัวกุ้ง	5.10±1.84*	6.92±1.55	0.74
ลักษณะเนื้อสัมผัส			
ความแข็ง	5.32±1.69^{ns}	5.05±1.55	1.05
ความเหนียว	4.35±1.62^{ns}	5.75±1.45	0.86
ความฉ่ำ	5.35±1.69^{ns}	5.64±1.64	0.95
กลิ่นรส			
รสหวาน	5.67±1.45^{ns}	5.55±1.28	1.02
รสเค็ม	4.76±1.61^{ns}	4.42±1.53	1.08
กลิ่นกุ้ง	4.21±2.17*	6.47±1.85	0.65
กลิ่นคาวปลา	6.32±2.48**	3.00±2.25	2.11
ความชอบรวม	5.84±1.82^{ns}	7.18±2.21	0.81

\# ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้บริโภค 80 คน

ns ไม่มีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติทางสถิติ

* มีความแตกตางจากค่าในอุดมคติทางสถิติ (p>0.05)

** มีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติทางสถิติ (p>0.01)

ตารางผนวกที่ ง 2 อัตราส่วนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุ้งเทียมสูตรพัฒนากลิ่นรส

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าคะแนนตัวอย่าง (S) #	ค่าคะแนนในอุดมคติ (I)	อัตราส่วนเฉลี่ย (S / I)
ลักษณะปรากฏ			
ความเรียบตัวกุ้ง	6.14±0.82*	6.92±1.55	0.89
ลักษณะเนื้อสัมผัส			
ความแข็ง	5.19±0.94^{ns}	5.05±1.55	1.03
ความเหนียว	5.28±1.16^{ns}	5.75±1.45	0.92
ความฉ่ำ.	5.98±0.65^{ns}	5.64±1.64	1.06
กลิ่นรส			
รสหวาน	5.72±0.69^{ns}	5.55±1.28	1.03
รสเค็ม	5.15±0.70*	4.42±1.53	1.16
กลิ่นกุ้ง	5.90±0.80^{ns}	6.47±1.85	0.91
กลิ่นคาวปลา	3.16±0.89^{ns}	3.00±2.25	1.05
ความชอบรวม	6.80±0.89^{ns}	7.18±2.21	0.95

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้บริโภค 10 คน

ns ไม่มีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติทางสถิติ

* มีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางผนวกที่ ง 3 คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัส และไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ - 20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ย #		
		ความแข็ง	ความเหนียว	ความฉ่ำ
0	เพลทสัมผัส	0.98±0.17^{ab}	0.91±0.16^{b}	1.02±0.12^{a}
	ไครโอจีนิก	0.93±0.16^{c}	0.88±0.14^{d}	0.97±0.16^{ab}
2	เพลทสัมผัส	1.00±0.14^{ab}	1.01±0.14^{ab}	1.01±0.16^{a}
	ไครโอจีนิก	1.02±0.15^{abc}	1.06±0.13^{ab}	1.04±0.17^{ab}
4	เพลทสัมผัส	0.92±0.11^{b}	0.98±0.05^{ab}	1.02±0.10^{a}
	ไครโอจีนิก	0.96±0.08^{b}	1.02±0.07^{abc}	0.97±0.10^{ab}
6	เพลทสัมผัส	1.00±0.11^{ab}	0.97±0.11^{ab}	0.99±0.18^{a}
	ไครโอจีนิก	1.00±0.11^{bc}	0.99±0.11^{bc}	0.99±0.14^{ab}
8	เพลทสัมผัส	1.08±0.10^{a}	1.01±0.10^{ab}	1.01±0.03^{a}
	ไครโอจีนิก	0.95±0.13^{bc}	0.93±0.13^{cd}	1.07±0.12^{a}
10	เพลทสัมผัส	1.01±0.19^{ab}	1.05±0.17^{a}	1.02±0.18^{a}
	ไครโอจีนิก	1.12±0.15^{a}	1.11±0.11^{a}	0.99±0.21^{ab}
12	เพลทสัมผัส	1.06±0.09^{a}	1.04±0.09^{a}	0.95±0.16^{a}
	ไครโอจีนิก	1.04±0.18^{ab}	1.05±0.18^{ab}	0.94±0.19^{a}

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบชิม 10 คน

อักษร a, b, c, d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางผนวกที่ ง 4 คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพกลิ่นและรสชาติผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัส และไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ - 20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ย #			
		รสหวาน	รสเค็ม	กลิ่นกุ้ง	กลิ่นคาวปลา
0	เพลทสัมผัส	1.00±0.09^{a}	1.09±0.16^{a}	0.86±0.13^{a}	1.06±0.29^{a}
	ไครโอจีนิก	0.96±0.15^{b}	0.98±0.17^{a}	0.89±0.10^{a}	1.03±0.15^{a}
2	เพลทสัมผัส	1.05±0.10^{a}	0.84±0.26^{cd}	0.85±0.19^{a}	1.03±0.28^{a}
	ไครโอจีนิก	1.03±0.13^{ab}	0.87±0.22^{a}	0.94±0.1^{a}	0.97±0.15^{a}
4	เพลทสัมผัส	1.00±0.07^{a}	1.03±0.11^{ab}	1.03±0.11^{a}	1.01±0.16^{a}
	ไครโอจีนิก	0.97±0.05^{ab}	0.99±0.11^{a}	0.99±0.11^{a}	1.04±0.20^{a}
6	เพลทสัมผัส	1.04±0.07^{a}	0.95±0.11^{a-d}	0.95±0.11^{a}	1.02±0.22^{a}
	ไครโอจีนิก	1.05±0.06^{ab}	0.97±0.27^{a}	0.97±0.27^{a}	1.06±0.19^{a}
8	เพลทสัมผัส	0.97±0.09^{a}	0.99±0.19^{abc}	0.90±0.11^{a}	1.10±0.37^{a}
	ไครโอจีนิก	1.02±0.12^{ab}	0.94±0.15^{a}	0.89±0.17^{a}	1.07±0.34^{a}
10	เพลทสัมผัส	1.06±0.10^{a}	0.90±0.27^{bcd}	0.93±0.11^{a}	1.12±0.32^{a}
	ไครโอจีนิก	1.06±0.12^{a}	0.85±0.27^{a}	0.92±0.15^{a}	1.10±0.29^{a}
12	เพลทสัมผัส	1.05±0.12^{a}	0.82±0.29^{d}	0.92±0.14^{a}	0.93±0.28^{a}
	ไครโอจีนิก	1.05±0.13^{ab}	0.86±0.26^{a}	0.92±0.22^{a}	1.02±0.22^{a}

ค่าเฉลี่ย+ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบชิม 10 คน

อักษร a, b, c, d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางผนวกที่ ง 5 คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยการยอมรับคุณภาพลักษณะปรากฏและความชอบรวมผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ - 20°ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ย #		
		ความเรียบของผิว	สีลายกุ้ง	ความชอบรวม
0	เพลทสัมผัส	0.89±0.11^{ab}	0.91±0.18^{a}	0.82±0.17^{b}
	ไครโอจีนิก	0.83+0.15^{b}	0.95+0.19^{ab}	0.82+0.12^{b}
2	เพลทสัมผัส	0.88±0.11^{ab}	0.78±0.23^{a}	0.89+0.09^{ab}
	ไครโอจีนิก	0.89±0.18^{ab}	0.64±0.20^{c}	0.90±0.08^{ab}
4	เพลทสัมผัส	0.95±0.09^{a}	0.74±0.23^{a}	0.90±0.08^{ab}
	ไครโอจีนิก	0.97±0.07^{a}	0.79±0.28^{bc}	0.86±0.07^{ab}
6	เพลทสัมผัส	0.96±0.06^{a}	0.90±0.26^{a}	0.86±0.09^{ab}
	ไครโอจีนิก	0.98±0.11^{a}	0.84±0.26^{ab}	0.94±0.10^{a}
8	เพลทสัมผัส	0.86±0.16^{b}	0.75±0.26^{a}	0.90±0.13^{ab}
	ไครโอจีนิก	0.91±0.10^{ab}	0.82±0.17^{bc}	0.89±0.09^{ab}
10	เพลทสัมผัส	0.89±0.14^{ab}	0.87±0.21^{a}	0.85±0.13^{ab}
	ไครโอจีนิก	0.86±0.12^{b}	1.02±0.27^{a}	0.89±0.10^{ab}
12	เพลทสัมผัส	0.91±0.12^{ab}	0.80±0.23^{a}	0.92±0.10^{a}
	ไครโอจีนิก	0.87±0.16^{b}	0.88±0.33^{ab}	0.88±0.13^{ab}

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบชิม 10 คน

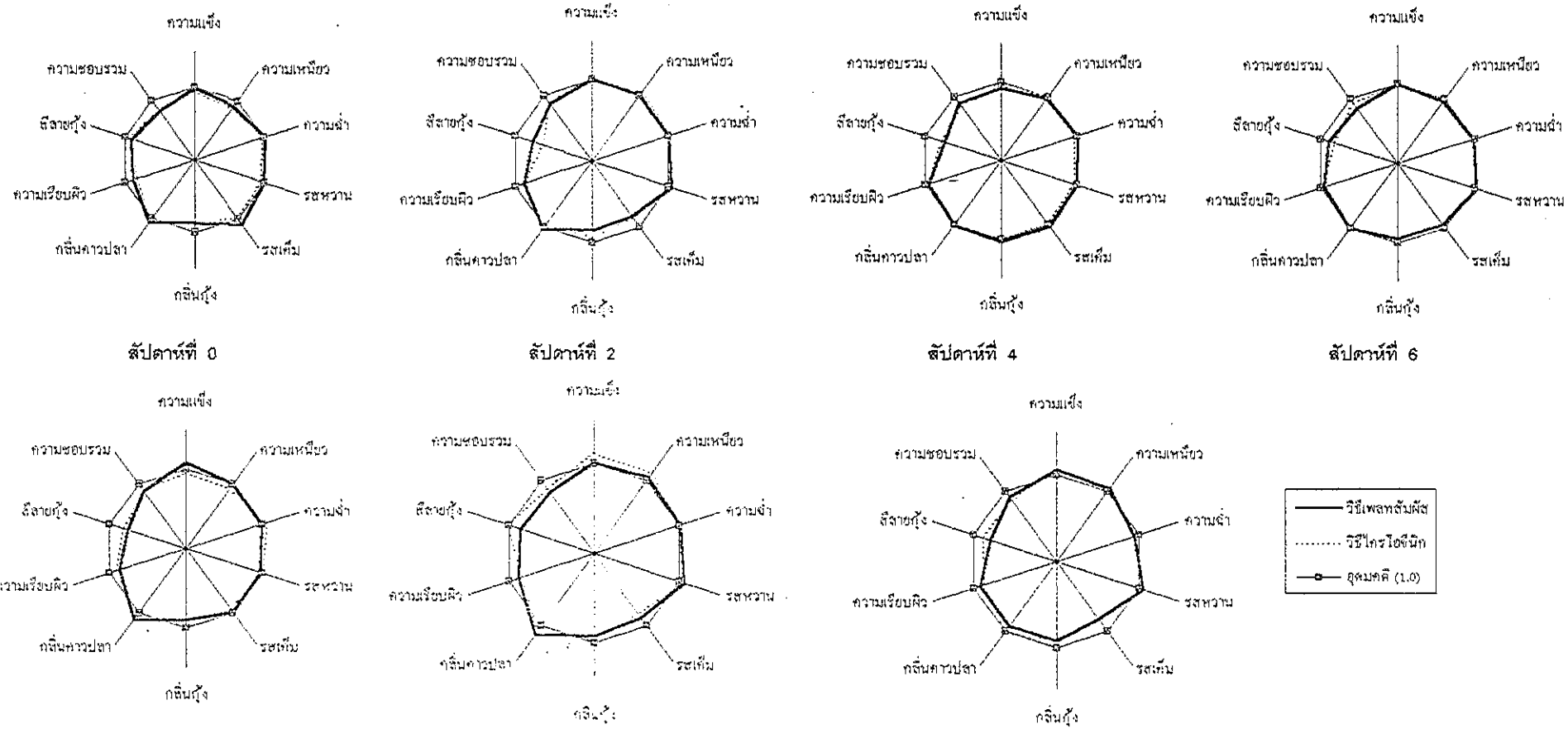
อักษร a, b, c, d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางผนวกที่ ง 6 คุณภาพทางเคมีและกายภาพ # ของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งด้วยวิธีเพลทสัมผัส และไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ - 20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	วิธีการแช่เยือกแข็ง	ความชื้น (%)	drip loss (%)	TVB (mgN / 100 g)
0	เพลทสัมผัส	78.85±0.16^{a}	5.50±1.58^{a}	6.38±0.43^{c}
	ไครโอจีนิก	75.88±0.20^{abc}	2.53±0.44^{a}	6.51±0.82^{c}
2	เพลทสัมผัส	76.16±0.32^{a}	2.05±0.64^{c}	7.05±0.00^{bc}
	ไครโอจีนิก	76.22±0.36^{ab}	3.13±0.51^{a}	7.05±0.00^{bc}
4	เพลทสัมผัส	76.46±0.07^{a}	1.56±0.29^{c}	6.65±0.55^{c}
	ไครโอจีนิก	76.28±0.05^{a}	3.01±0.69^{a}	6.65±0.55^{c}
6	เพลทสัมผัส	76.46±1.42^{a}	4.45±0.58^{ab}	7.37±0.00^{bc}
	ไครโอจีนิก	76.73±1.05^{a}	2.74±0.28^{a}	7.37±0.00^{bc}
8	เพลทสัมผัส	76.06±0.63^{a}	1.00±0.26^{ab}	7.30±0.27^{bc}
	ไครโอจีนิก	75.12±0.70^{c}	2.72±0.39^{a}	7.49±0.00^{bc}
10	เพลทสัมผัส	75.95±0.18^{a}	2.63±0.21^{b}	7.75±0.27^{b}
	ไครโอจีนิก	76.28±0.54^{a}	1.59±0.60^{a}	7.75±0.27^{b}
12	เพลทสัมผัส	76.15±0.18^{a}	5.41±0.09^{a}	9.07±0.93^{a}
	ไครโอจีนิก	75.35±0.39^{bc}	3.83±1.51^{a}	9.45±0.54^{a}

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

อักษร a, b, c, d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)



รูปผนวกที่ ง 7 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสและไดรโอซีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ภาคผนวก จ ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางผนวกที่ จ 1 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้งเทียม เมื่อปรับปริมาณน้ำในสูตร

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
ความแข็ง	Block	8	1.1924	0.1490	4.02**
	Treatment	3	0.9393	0.3131	8.43**
	Error	24	0.8909	0.0372	
	Total	35	3.02260		
ความเหนียวยืดหยุ่น	Block	8	0.5310	0.0664	1.29^{ns}
	Treatment	3	0.6026	0.2009	3.91*
	Error	24	1.2322	0.05134	
	Total	35	2.3658		
ความฉ่ำ	Block	8	0.4746	0.0593	1.61^{ns}
	Treatment	3	0.7075	0.2358	6.40**
	Error	24	0.8841	0.0368	
	Total	35	2.0663		
ความชอบรวม	Block	8	1.4204	0.1776	6.92**
	Treatment	3	0.5358	0.1786	6.92**
	Error	24	0.6158	0.0256	
	Total	35	2.5721		

** = มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$)

* = มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางผนวกที่ จ 2 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งโดยวิธีเพลทสัมผัสและไครโอจีนิกระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
ความแข็ง	Block	15	0.5197	0.0346	1.60^{ns}
	Treatment	13	0.7075	0.0544	2.51**
	Treat (T)	1	0.0016	0.0016	<1
	Week (W)	6	0.4401	0.0736	3.39**
	T x W	6	0.2658	0.0443	2.05^{ns}
	Error	195	4.2221	0.0216	
	Total	223	5.4494		
ความเหนียว	Block	15	0.5104	0.0340	1.83*
	Treatment	13	0.8552	0.0658	3.55**
	Treat (T)	1	0.0089	0.0089	<1
	Week (W)	6	0.7041	0.1174	6.33**
	T x W	6	0.1422	0.0237	1.28^{ns}
	Error	195	3.6177	0.0186	
	Total	223	4.9833		
ความฉ่ำ	Block	15	0.4104	0.0374	1.01^{ns}
	Treatment	13	0.2724	0.0210	<1
	Treat (T)	1	0.0051	0.0051	<1
	Week (W)	6	0.1799	0.0300	1.10^{ns}
	T x W	6	0.0874	0.0146	<1
	Error	195	5.2953	0.0272	
	Total	223	5.9782		

ตารางผนวกที่ จ 2 (ต่อ)

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
รสหวาน	Block	15	0.4464	0.0298	1.92*
	Treatment	13	0.2605	0.0200	1.30^{ns}
	Treat (T)	1	0.0003	0.0003	<1
	Week (W)	6	0.2224	0.0371	2.40
	T x W	6	0.0378	0.0063	<1
	Error	195	3.0174	0.0155	
	Total	223	3.7244		
รสเค็ม	Block	15	1.4813	0.0988	2.15**
	Treatment	13	1.3370	0.1028	2.24**
	Treat (T)	1	0.0286	0.0286	<1
	Week (W)	6	1.1759	0.1950	4.26**
	T x W	6	0.1326	0.0221	<1
	Error	195	8.9705	0.0460	
	Total	223	11.7888		
กลิ่นกุ้ง	Block	15	0.5254	0.0350	2.09*
	Treatment	13	0.1942	0.0149	<1
	Treat (T)	1	0.0113	0.0113	<1
	Week (W)	6	0.1259	0.0210	1.25^{ns}
	T x W	6	0.0570	0.0095	<1
	Error	195	3.2682	0.0168	
	Total	223	3.9878		

ตารางผนวกที่ จ 2 (ต่อ)

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
กลิ่นคาวปลา	Block	15	0.9370	0.0665	<1
	Treatment	13	0.5499	0.0423	<1
	Treat (T)	1	0.0003	0.0003	<1
	Week (W)	6	0.4220	0.0703	<1
	T x W	6	0.1276	0.0213	<1
	Error	195	17.4120	0.0893	
	Total	223	18.9589		
ความชอบรวม	Block	15	0.3140	0.0209	1.49^{ns}
	Treatment	13	0.2503	0.0192	1.37^{ns}
	Treat (T)	1	0.0022	0.0022	<1
	Week (W)	6	0.1591	0.0265	1.89^{ns}
	T x W	6	0.0889	0.0148	1.06^{ns}
	Error	195	2.7393	0.0140	
	Total	223	3.3036		

ตารางผนวกที่ จ 3 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
ความชื้น	Block	2	0.0496	0.0248	<1
	Treatment	13	7.1657	0.5512	2.21*
	Treat (T)	1	0.3260	0.3260	1.31^{ns}
	Week (W)	6	4.5308	0.7551	3.02*
	T x W	6	2.3090	0 3848	1.54^{ns}
	Error	26	6.4928	0.2497	
	Total	41	13.7081		
drip loss	Block	2	2.4226	1.2113	<1
	Treatment	13	71.6259	5.5097	3.30**
	Treat (T)	1	1.8606	1.8606	1.11^{ns}
	Week (W)	6	39.7269	6.6211	3.96**
	T x W	6	30.0385	5.0064	2.99*
	Error	26	43.4749	1.6721	
	Total	41	117.5234		
ปริมาณด่างที่ระเหยได้	Block	2	0.3117	0.1558	<1
	Treatment	13	31.3995	2.4153	7.67**
	Treat (T)	1	0.1050	0.1050	<1
	Week (W)	6	31.1053	5.1842	16.45**
	T x W	6	0.1892	0.0315	<1
	Error	26	8.1924	0.3151	
	Total	41	39.9037		

ตารางผนวกที่ จ 3 (ต่อ)

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
พีเอช	Block	3	0.0021	0.0007	1.22^{ns}
	Treatment	13	0.2402	0.0185	32.54**
	Treat (T)	1	0.0006	0.0006	1.14^{ns}
	Week (W)	6	0.2371	0.0395	69.59**
	T x W	6	0.0025	0.0004	<1
	Error	39	0.0222	0.0006	
	Total	55	0.2644		

ตารางผนวกที่ จ 4 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กุ้งเทียมแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสและไครโอจีนิก ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20 °ซ สัปดาห์เริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 12

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
โปรตีน	Block	2	1.8514	0.9257	<1
	Treatment	3	0.4737	0.1579	<1
	Treat (T)	1	0.3675	0.3675	<1
	Week (W)	1	0.0016	0.0016	<1
	T x W	1	0.1045	0.1045	<1
	Error	6	6.9005	1.1501	
	Total	11	9.2250		
ไขมัน	Block	2	0.1380	0.0690	<1
	Treatment	3	0.0527	0.0176	<1
	Treat (T)	1	0.0108	0.0108	<1
	Week (W)	1	0.0176	0.0176	<1
	T x W	1	0.0243	0.0243	<1
	Error	6	1.5287	0.2578	
	Total	11	1.7195		
เถ้า	Block	2	0.0120	0.0060	<1
	Treatment	3	0.1567	0.522	4.38^{ns}
	Treat (T)	1	0.0001	0.0001	<1
	Week (W)	1	0.0243	0.243	2.04^{ns}
	T x W	1	0.1323	0.1323	11.10*
	Error	6	0.0715	0.0119	
	Total	11	0.2403		

ตารางผนวกที่ จ 4 (ต่อ)

ลักษณะ	SV	df	SS	MS	F
เกลือ	Block	3	0.4772	0.1590	1.21^{ns}
	Treatment	3	0.1910	0.0637	<1
	Treat (T)	1	0.0060	0.0060	<1
	Week (W)	1	0.1828	0.1828	1.39^{ns}
	T x W	1	0.0022	0.0023	<1
	Error	9	1.1795	0.1311	
	Total	15	1.8477		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายพิศิษฏ์พงศ์ ปุญญพันธุ์

วัน เดือน ปีเกิด 11 มีนาคม 2508

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ.2530

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ผู้แทนฝ่ายขาย	บริษัทเอเซียนโพลีเทรด จำกัด	พ.ศ.2531-2532
ผู้จัดการแผนกเคมีภัณฑ์	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เมเจอร์แลป	พ.ศ.2532-2533
ผู้จัดการทั่วไป	บริษัทพี.ซี.เอส.ซิสเต็มจำกัด	พ.ศ.2533-ปัจจุบัน